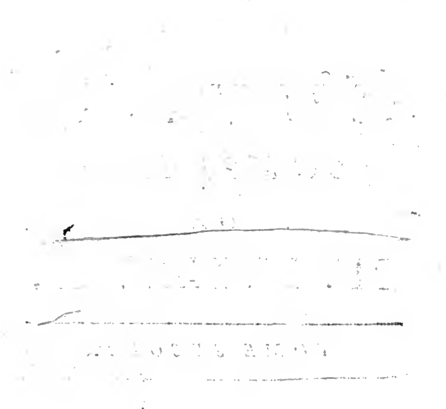


ŒUVRES
COMPLETES
DE
M^R. LE FEBVRE.

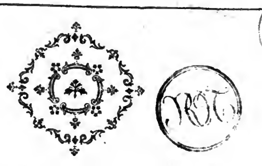
TOME SECOND.



ŒUVRES
COMPLETES
DE
Mr. LE FEBVRE,

Major au Corps des Ingénieurs de Prusse, Membre ordinaire de l'Académie Royale des Sciences & Belles-Lettres de Berlin.

TOME SECOND.



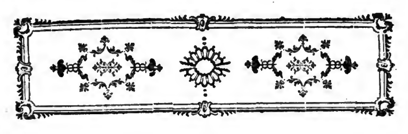
A MAESTRICHT,

Chez JEAN-EDME DUFOUR & PHILIPPE ROUX, Imprimeurs & Libraires, Associés.

M. DCC. LXXVIII.

ESSAI
SUR LES
MINES.





A

SON ALTESSE SÉRÉNISSIME

MONSEIGNEUR

LE PRINCE HÉRÉDITAIRE

DE

BRUNSWICK-WOLFENBUTEL,

Maréchal-Général des Armées du Roi de Pruſſe, & Chevalier de ſes Ordres.

MONSEIGNEUR,

L'OUVRAGE que je prends la liberté d'offrir à VOTRE ALTESSE, n'eſt autre choſe qu'une collection de quelques idées qui me ſont venues ſur les mines, lorſque j'ai eu l'occaſion d'en faire uſage. Quoique ce ne ſoit pas un ſujet à comparer aux hautes Parties de la guerre dans leſquelles VOTRE ALTESSE a fait voir, aux yeux de l'Europe, ſes connoiſſances ſupérieu-

res, il ne laisse pas cependant d'exciter quelquefois la curiosité des grands Seigneurs, même leur attention particuliere. On me dira que c'est un métier réservé à un petit nombre de personnes; mais nous avons vu en maintes occasions, ce petit nombre de créatures rampantes comme des vers sous terre, se faire plus craindre que le Tonnerre d'une Armée formidable. Tel va affronter gaiement des Bataillons & des Escadrons, qui tremble en marchant sur un terrein qu'il sait ou qu'il craint d'être miné. Le nom seul de Mines fait plus d'impression sur les Troupes que les dangers les plus évidents en plein air. D'ailleurs, c'est une partie de la Science militaire dans laquelle de grands Hommes ont excellé. Il n'est guere de bonne Place où l'on n'ait employé les Mines, pour peu qu'elles en ayent été susceptibles. Je laisse à VOTRE ALTESSE à juger si mes réflexions sont justes; elle en est d'autant plus capable, qu'elle est plus versée dans le Génie & la Fortification dont les Mines sont une partie essentielle. Heureux de mériter l'approbation d'un Prince aussi grand par ses Qualités personnelles que par sa Naissance illustre.

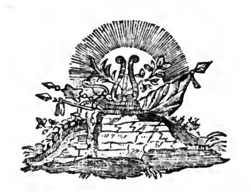
Je suis avec un très-profond respect,

MONSEIGNEUR,

DE VOTRE ALTESSE SÉRENISSIME,

Le très-humble & obéissant Serviteur,
LE FEBVRE.

SOMMAIRE.



ESSAI



ESSAI
SUR LES
MINES.



'ESSAYE de traiter une matiere intéressante, critique & assez difficile, les *Mines*, les différents objets des mines, & les avantages qu'on peut s'en promettre lorsqu'on voudra s'en servir à l'attaque ou à la défense des Places.

On appelle généralement *mines*, des lieux sous un glacis, sous un rempart, dans l'épaisseur d'un roc ou d'un révêtement de maçonnerie, propres à recevoir une quantité de poudre proportionnée à la masse de terre ou de pierres que l'on se proposeroit d'enlever d'un seul coup, par son explosion. Définitions & explications de quelques termes propres aux mines.

Les *Chambres de mines*, que nous appellons auſſi *fourneaux*, lorſqu'elles ſont chargées, ſont particuliérement les endroits où ſe met la poudre. Les paſſages ſouterreins qui y menent, ſe nomment galeries & rameaux, qui ſont les uns aux autres comme les branches ſont aux arbres.

On appelle *Entonnoir* de la mine, l'excavation qui reſte dans les terres après qu'elle a joué.

On nomme *Ligne de moindre réſiſtance*, celle qui eſt la moins capable de réſiſter à la force de la poudre lors de ſon explosion ; & cette ligne eſt ordinairement la plus courte depuis le centre des poudres, qui eſt le foyer de la mine, juſqu'à la ſurface des terres ou d'autre matiere quelconque qui ſe trouve à l'entour.

PLANCHE I. La premiere Figure de la Planche I. fait voir une galerie magiſtrale B C D E F G, &c. ſous le glacis A I K H, &c. ſont les entrées par où l'on y va du foſſé. (1)

La Figure ſeconde repréſente une galerie d'enveloppe A B C D E crenelée du côté du foſſé. (2)

La Figure troiſieme repréſente des bouts de galerie, comme C D, A B, E F, ſortant de quelques coffres pratiqués aux angles rentrants & ſaillants d'une contreſcarpe. (3)

Dans la Figure premiere, les lignes C M, D N, G O, &c. ſont les rameaux de la galerie magiſtrale ; M a, N b, &c. ſont les re-

(1) Ceci marque, à peu-près, la diſtribution des galeries & des rameaux de contre-mines de l'ouvrage à couronne de la belle-croix à Metz, avec cette différence pourtant qu'elles s'étendent bien plus loin en-avant du glacis.

(2) Il y en a une à peu-près pareille à Berg-op-Zoom. Il eſt pluſieurs manieres différentes de faire les créneaux, pour tirer de tout côté dans le foſſé ; ce qui n'eſt pas de mon ſujet.

(3) Il y a de tels bouts de galeries avec leurs rameaux en croix & en double croix, en-avant des ouvrages détachés du grand front de Luxembourg.

tours aux extrêmités des rameaux ; les points noirs a, b, c, d, &c. sont les chambres de mines.

Dans la Figure seconde, les lignes B F, C G, E H, &c. marquent les grands rameaux de la galerie d'enveloppe, desquels on en peut percer, si l'on veut, d'autres plus petits.

Dans la Figure troisieme sont marqués des rameaux en croix & en double croix, comme il en est en beaucoup de Places.

J'ai jugé ces trois Figures, avec leurs profils, suffisantes, pour donner aux commençants une idée générale des différentes distributions de galeries & de rameaux de contre-mines. Les maîtres les font suivant leur génie & les différents objets qu'ils ont en vue dans leur ouvrage. D'ailleurs, il est à voir en beaucoup de Places des distributions de mines & de contre-mines très-belles & très-instructives, entre autres celles de la citadelle de Tournay, faites par M. de Megrigny, ainsi que les magnifiques souterreins qui s'y trouvent. (1) Au reste, je ne crains point d'avancer que tout ce que je dirai sur cette matiere, est pour ceux qui entendent les mines, comme pour ceux qui ne les entendent pas, & même particuliérement pour les premiers. Je ne traite ce sujet ni en pédant, ni en compilateur ; mon but est de mettre à la portée d'un chacun ce que je juge convenir le mieux aux Places susceptibles de cette sorte d'attaque & de défense. Après avoir pratiqué en plusieurs lieux la théorie que je m'en suis faite, je compte servir le Public en lui faisant part de mes réflexions sur une matiere de cette importance.

(1) Les François ayant démoli la citadelle de Tournay, après l'avoir prise en 1745 ; il est à présumer que tous les ouvrages qui y appartenoient auront eu le même sort, ainsi qu'il n'en restera sans doute plus que les dessins, qui seront toujours admirés des connoisseurs.

Différents objets des mines.

Les mines ont des objets différents ſuivant les ſituations différentes de terrein où elles ſe trouvent, ſuivant la nature des ouvrages auxquels on les employe.

Ceux qui aſſiegent une Place, s'en ſervent pour faire leurs approches avec plus d'ordre & de ſûreté. Regle générale; dès que vous êtes à une diſtance du chemin couvert où vous préſumez avoir des contre-mines à craindre, vous ne devez plus faire un pas deſſus terre que vous ne ſoyez maître du deſſous, & vous ne pouvez vous en rendre maître qu'en allant, par des galeries & des rameaux, faire vous même, ſous le glacis, des mines capables de rendre celles de la Place au moins inutiles; ce qui occaſionne quelquefois une guerre ſouterraine entre les Mineurs & contre-Mineurs, dont maints Auteurs ont déja parlé, & dont j'aurai lieu de dire quelque choſe dans la ſuite.

On ſe ſert quelque fois de la mine pour faire brêche au mur d'un rempart, (1) pour aſſurer les Batteries ſur la contreſcarpe & les logements dans les ouvrages dont on s'eſt rendu maître.

D'ordinaire ceux qui défendent une Place, ſont de longue main poſſeſſeurs d'un terrein ſous lequel ils ont leurs galeries & leurs rameaux de contre-mines pouſſés, ſans doute fort au-delà du glacis; (2) ils ne ſont par conſéquent aſſujettis à d'autre ſoin que

(1) Autrefois on attachoit le Mineur au mur des ouvrages, pour y faire brêche; mais à préſent, on ne ſe ſert guere que du canon: du moins aux ſieges où je me ſuis trouvé, je n'ai vu de brêches faites par la mine, qu'en 1762, au ſiege de S***.; encore cette brêche ſe fit-elle ſans endommager la muraille de l'ouvrage, par la quantité de terre qu'une mine prodigieuſe dont nous aurons lieu de parler dans la ſuite, porta juſques ſur ſon rempart; ce qui y fit un chemin pour y mener autant de Troupes que l'on auroit voulu.

(2) Les contre-mines de la belle-croix, à Metz, s'étendent juſqu'à cinquante toiſes de la crête du glacis; j'en ai vu, en d'autres endroits, au moins d'une auſſi grande étendue: celles de Berg-op-Zocm

de faire jouer à propos leurs mines déja préparées. Je suppose de même, qu'il leur sera aisé, par le moyen de leurs galeries sous le rempart des ouvrages, de pratiquer des fourneaux sous les brêches, afin de les rendre, par-là, plus respectables, & d'empêcher l'ennemi d'y venir avec autant d'assurance qu'il y viendroit, s'il savoit n'avoir rien à craindre du dessous.

Enfin, les assiégés se servent de mines pour enlever les cavaliers de Tranchée & les batteries de brêche de l'assiégeant (1), pour l'inquiéter dans ses logements sur la contrescarpe, dans les ouvrages détachés de la Place, & sur le rempart de la Place même.

L'expérience ayant fait voir que c'est par les mines que se peut faire la plus grande défense d'une Place, (2) il est à présumer que dans un terrein qui en est susceptible, on n'aura pas manqué de faire des galeries & des rameaux de contre-mines (3), Avantages des contre-mines.

ne vont pas tout-à-fait si loin; à tous égards, plus les mines s'étendent au-delà du glacis, mieux elles valent: il n'est pas douteux qu'il ne soit d'un bien plus grand avantage d'arrêter l'ennemi à 120 pas de la palissade, que de le laisser approcher impunément du glacis, le terrein dût-il alors être farci de fourneaux les uns sur les autres, comme le propose M. de Valiere.

(1) M. de Belidor rapporte dans son Cours de Mathématique, qu'il a fait, en 1718, à l'école de la Fere, une épreuve de mines, pour faire sauter le canon d'une batterie de brêche du glacis, dans le chemin couvert, & même jusques dans le fossé de la Place; ce qui lui a parfaitement réussi. Il est parlé de quelques épreuves pareilles dans S. Remi, non avec des canons de bois, comme il s'en est fait en certain endroit, mais avec de véritables pieces de vingt-quatre.

(2) Berg-op-Zoom en est une preuve bien convaincante. Ce n'eût été qu'un siege de vingt ou trente jours, sans mines; au-lieu qu'il a duré soixante & quatre jours de tranchée ouverte. On peut dire à juste titre la même chose du dernier siege de S***.

(3) Je ne sais pourquoi on appelle les mines de la Place, *contre-mines*, & celles de l'assiégeant simplement *mines*. Selon le cours ordinaire des choses, il me semble que ce devroit être le contraire; car les

le plus loin qu'il aura été possible ; ce qui se fait en même-temps que l'on travaille à former la contrescarpe, & à élever les remparts des ouvrages. (1) L'avantage qu'on acquiert par cette espece de fortification souterraine, est particuliérement la commodité de n'avoir qu'à charger les mines précisément dans le temps qu'on veut en faire usage, ou bien de n'avoir que des bouts de rameaux à pousser à droite & à gauche, pour en faire de nouvelles, selon le besoin ; cela peut aller fort loin, comme nous l'avons vu au dernier siege de S. ***.

L'assiégeant, au contraire, ne sauroit faire un pas sur le glacis d'une Place contre-minée, sans avoir par-tout des puits d'écoute. De ces puits, quelquefois très-profonds, il est obligé de percer des rameaux assez longs pour prévenir les contre-mines que l'assiégé est toujours prêt à faire jouer contre lui. Il est donc de son intérêt de gagner, autant qu'il est possible, le dessous des fourneaux de la Place, ou du moins de se mettre de niveau avec eux. C'est pourquoi dans un terrein ordinaire, on l'approfondit, jusqu'à ce que l'on trouve l'eau ; (2) après quoi on

mines de la Place étant faites de longue main, ce n'est que contre elles que l'assiégeant fait les siennes : mais cela étant déja reçu, nous n'innoverons rien dans les termes & usages établis, sur-tout la chose par elle-même ne tirant à aucune conséquence.

(1) Je connois certaine Place que l'on auroit beaucoup mieux fait de contre-miner jusqu'à cinquante toises du glacis de ses vieux ouvrages, que d'y en ajouter un labyrinthe de nouveaux, qui, à proprement parler, ne sont que des colifichets, & qui cependant demanderoient une garnison & une artillerie très-considérables pour les défendre. Ajoutons à cela, qu'il n'y a point de comparaison à faire, entre ce qu'auroit coûté la distribution des galeries & des rameaux quelconques aux environs, & ce qu'à coûté la bâtisse de cette quantité de nouveaux ouvrages.

(2) Lorsque je parle d'approfondir jusqu'à l'eau, je n'entends pas cette eau qui viendroit de quelque source, comme il s'en trouve souvent dans les mines pratiquées sous des hauteurs. J'entends celle qui

pousse à sec des galeries ou des rameaux vraisemblablement à même hauteur que les contre-mines de la Place ; ce qui établit une espece d'égalité de part & d'autre.

Je voudrois qu'il fût décidé par les plus expérimentés dans le métier, lequel est le plus avantageux, d'avoir les chambres de mines toutes faites sous le glacis, comme il se voit en la figure Ie., ou bien, de n'avoir qu'à se tenir, dans ses galeries, prêt à percer, sous les terres, des rameaux par-tout où il en seroit besoin, afin d'établir, en conséquence des progrès de l'ennemi, des fourneaux, précisément aux endroits où l'on voudroit que l'effet des mines se fît. (1) Il y a beaucoup de raisons pour & contre. (2) Ceux qui ont travaillé dans des forteresses à ces sortes d'ouvrages, & qui ont jugé à propos de faire d'abord leurs chambres de mines à l'extrêmité des rameaux, prétendent qu'indépendamment des chambres faites, ils peuvent aller encore plus loin dans les terres, & qu'en cela, ils ont le double avantage de points fixes, dont ils sont toujours les maîtres de dispo-

Cas à décider par rapport aux chambres des mines.

se trouve naturellement au fond du terrein, à la hauteur des fossés de la Place, de quelque riviere ou de quelque lac voisin.

(1) Ce n'étoit, à Berg-op-Zoom, que des bouts de galerie sortant d'une magistrale crénelée sous la contrescarpe. On pouvoit pousser, delà, autant de rameaux & de fourneaux que l'on vouloit dans les terres.

Il n'y avoit point de retours, ni de chambres faites aux contre-mines de Metz, lorsque je les ai vues.

(2) De tous ceux avec qui je me suis entretenu sur ce sujet, j'en ai trouvé peu qui ne fussent entêtés de leurs préjugés, les uns avec quelques raisons, les autres sans aucune raison, & j'ai remarqué constamment que les plus vieux étoient les plus entichés de leurs marottes ; ce qui ne peut que faire un très-grand tort aux Arts & aux Sciences. C'est à peu près comme si l'on parloit à certains Artilleurs François, du jet des bombes avec un ou deux feux, avec plus ou moins de poudre, avec une élévation de mortier de plus ou moins de degrés; chacun, là-dessus, n'entend que ses raisons ou ses préjugés.

ser, & la facilité de faire d'ailleurs tout ce qu'ils veulent sous les terres, en se ménageant les moyens pour cela. En un tel cas, je voudrois, pour conserver & profiter de tous ces avantages, que les retours qui menent aux chambres des mines, fussent généralement de la moitié plus longs que la ligne de moindre résistance des fourneaux, afin de n'être obligé de bourrer que les retours, & de pouvoir, en tous cas, percer, des extrêmités des galeries, les rameaux que l'on voudroit, dans les terres, soit en-avant, soit à côté. Les mines en forme de T ou de demi T, comme il se voit en la Figure Ie., seroient pour cela les meilleures.

Ceux qui ne sont pas pour les chambres de mines faites de longue main sous le glacis, disent pour leurs raisons, que dans les circonstances d'un siege, il est bien difficile de n'être pas tenté de s'en tenir à des points déja fixés; il est certain que les rameaux de contre-mines sont ordinairement si étroits, si bas & peut-être déja si avant dans les terres, qu'il seroit difficile d'aller plus loin. D'ailleurs, comment tirer toutes ces nouvelles terres, par un long boyau, & où les mettre, sinon dans les galeries ou dans le fossé qui peut-être sera fort éloigné? (1) Les mines étant faites de longue main, l'Ennemi pourra bien plus aisément en avoir connoissance. Il saura, de maniere ou d'autre, si elles sont faites réguliérement & de quelle sorte de régularité. S'il ne sait pas au juste jusqu'où elles s'étendent, il ne faut qu'un ou deux fourneaux qui auront joué peut être sans effet, pour lui marquer

(1) Les Autrichiens, par leurs travaux immenses sous terre, au dernier siege de S.***, nous ont fait voir que tout cela, à force de bras & de peine, pouvoit très-bien se faire. Ils avoient de bons ventilateurs, pour fournir de l'air où il auroit pu en manquer.

marquer leur véritable distance du chemin couvert, & le mettre au fait de ce qu'il desire savoir de leur disposition. Mais si l'on n'a que des bouts de galerie de l'extrêmité desquelles on puisse pousser des rameaux par-tout où l'on veut, l'Ennemi ne pourra guere s'en appercevoir qu'au moment qu'il en sentira l'effet. La terre du nouveau rameau, auquel on travaille, quand on veut, peut servir à en bourrer d'autres déja faits, ou bien on les bourre chacun de leurs propres terres. (1)

Au reste, c'est à ceux qui se trouvent chargés de la direction des contre-mines d'une Place, à se conduire selon leur génie, leurs connoissances & leur expérience. Généralement toutes les mines sont bonnes dès qu'on peut les faire jouer à propos, & que l'effet répond à ce que l'on s'en est promis. Peut-être la mine faite depuis long-temps ne se trouvera-t-elle pas justement à l'endroit où elle devroit être par rapport aux approches de l'Ennemi; mais, d'un autre côté, y aura-t-il dans la Place des gens capables d'en faire d'abord de nouvelles? sera-t-il aisé de trouver quelqu'un pour les diriger? on a à faire de tant de côtés différents; on est peut-être déja accablé par la longueur du siege; c'est d'ailleurs un travail sourd, qui se fait dans l'obscurité. Qu'on suppose, tant qu'on voudra, *théoriquement*, que la Place est abondamment pourvue de tout ce qu'il lui faut, qu'il y a de bons Officiers pour toutes les parties de la défense, on s'apperçoit, à la fin, qu'elle manque souvent des choses les plus essentielles. (2)

(1) J'ai vu, au dernier siege de S ***., les mines de l'Ennemi bourrées avec du bois de chauffage mêlé de terres.

(2) Qui croiroit que dans une Place des plus considérables de l'Europe, on avoit décidé, dès le commencement du siege, d'abandonner les contre-mines qui en sont la principale force, & cela, sous

Il y a deux choſes à conſidérer dans les mines, leur diſtribution en général, & leur conſtruction particuliere. La diſtribution des mines en général, regarde plus ſpécialement ceux qui défendent les Places que ceux qui les attaquent. Ceux-ci, dans le fond, n'ont que quelques endroits où ils s'attachent pour aller, avec des galeries ou de ſimples rameaux, à la rencontre de leurs Ennemis, qui les attendent de pied-ferme dans leurs ſouterreins. Les autres, au contraire, ont l'avantage d'être maîtres d'un terrein ſous lequel j'ai déja dit qu'ils auroient leurs mines préparées depuis maintes années : qui ſait s'ils ne ſe feront pas ménagé les moyens d'aller encore plus loin dans l'occaſion. Les contremines d'une Place doivent donc, ſelon le cours ordinaire des choſes, être regardées plutôt comme un ouvrage de fortification, que comme une opération de campagne momentanée.

On ne ſauroit pouſſer trop loin les contre-mines d'une Place, pour peu qu'on veuille tenir l'Ennemi éloigné des ouvrages, l'empêcher de voir ce qui ſe paſſe dans le chemin couvert, & rendre l'établiſſement de ſes batteries contre les murailles le plus difficile qu'il eſt poſſible. On doit obſerver ſur-tout, que les fourneaux ſoient diſtribués de maniere qu'il ne ſe trouve point d'endroit au glacis, ni même en-avant, où l'ennemi puiſſe mettre le pied en ſûreté. Ce n'eſt pas que je veuille pour cela que les fourneaux ſoient multipliés à l'infini; j'exige ſeulement qu'ils ſoient placés, les uns à l'égard des autres, de façon que les travaux les plus avancés de l'aſſiégeant, en reçoivent au moins quelques éclabouſſures. (1) On aura ſoin que les communications

prétexte de n'avoir point aſſez de poudre pour les charger. Peut-être n'y en avoit-il pas, en effet, aſſez.

Matiere à Reflexion.

(1) La terreur que le nom ou l'idée de *Mines* inſpire au ſoldat, fait beaucoup plus d'impreſſion ſur ſon eſprit, que la mine elle-même ne fait d'effet ſur ceux qui s'y

quelconques aux mines, soient tellement faites, qu'elles ne puissent à la fin devenir utiles à l'Ennemi. Les Ingénieurs-Constructeurs suivent, dans des cas pareils, la regle que leur dictent les lieux & le terrein dans lequel ils travaillent.

Les fourneaux, dans la distribution des contre-mines, peuvent être tous à peu près à une même profondeur dans les terres; il peut y en avoir de plus élevés & de plus profonds les uns que les autres. La nature peut avoir fait les premiers, & l'art les seconds : peut-être la nature & l'art les auront-ils fait les uns & les autres tels qu'ils sont. Le tableau que M. de Valiere nous a laissé dans sa Dissertation sur les mines, nous vient fort à propos, pour nous mener par degrés à l'explication des différentes manieres de placer des fourneaux dans la profondeur des terres.

Je parlerai de la construction des galeries & des rameaux, à mesure que l'occasion s'en présentera, sans pourtant m'attacher trop aux détails de la maçonnerie que je laisse aux Ingénieurs-Constructeurs des Places, comme faisant partie principale de la fortification.

---

trouvent exposés. Il faut avoir bien du malheur pour que huit ou dix hommes soient emportés par une mine. Je ne craindrai donc point de dire, d'après M. le Maréchal de Lowendal, &, bien plus sûrement encore d'après l'expérience, que de la maniere dont tout cela s'exécute, ce n'est, pour ainsi dire, qu'un épouvantail. Quelques bouts de logements, quelques rameaux en souffrent sans doute; mais après que la mine a joué, on répare, autant qu'on peut, le dommage qu'elle a fait. Qui sait si l'entonnoir ne servira pas d'un bon logement à l'assiégeant, pour peu qu'il soit sûr de ne pas sauter une seconde fois? Nous savons qu'au siege de Berg-op-Zoom, qui a coûté aux François dix à onze mille hommes, il n'en a pas péri deux cents par les mines, quoique les assiégés y eussent fait jouer trente-neuf fourneaux.

Au dernier siege de S ***, nous n'avons pas perdu vingt-cinq hommes par les mines de l'assiégé, quoiqu'elles nous ayent fait beaucoup de dommage d'ailleurs.

EXTRAIT

De la Dissertation de M. de VALIERE *sur les Mines.* (1)

» TOut l'artifice, dit M. de Valiere, consiste à imaginer
» un plan dans le solide des terres, qui coupe le plan du glacis
» sous un angle de quarante-cinq degrés.

DÉFINITIONS.

Fig. 4. » Ce plan imaginé dans le solide des terres, je le nomme
» plan des fourneaux, ou plan des foyers; parce que c'est sur
» ce plan que le foyer ou le centre de chaque fourneau doit
» être placé. Il est ici marqué par les lignes AA, BB, avec les
» fourneaux. C. marque les premiers fourneaux, F. les seconds,
» E. les troisiemes. La ligne AN est la largeur du plan; la li-
» gne AA est la directrice.

Fig. 5. » Le plan du glacis est marqué par les lignes PP, XX. PP
» est la sommité du chemin couvert, DD est la directrice. Les
» points 2, 3, 4 marquent sur le plan du glacis la correspon-
» dance perpendiculaire des foyers, ou, si l'on veut, les extré-
» mités des lignes de moindre résistance. Les petits cercles mar-
» quent l'ouverture, ou l'effet de huit des premiers fourneaux;

(1) J'ai fait cet extrait du 3e. Tome des Commentaires sur Polibe, par M. le C. de Folard, observant de n'y insérer que les choses les plus propres à l'objet que je me propose dans l'examen de cette Dissertation.

» les moyens marquent l'effet de quatre des seconds fourneaux ; » les grands marquent l'effet de deux des troisiemes fourneaux.

» La commune section du plan des foyers avec le plan du » glacis, donne la directrice AA, ou DD.

PROFILS.

» Figure 6e. glacis horisontal ou de niveau. Figure 7e. gla- » cis dont le talus incline ou descend vers la campagne. Fi- » gure 8e. glacis à revers dont le talus incline ou descend vers la » place. La ligne GH. est la coupe du plan PP, XX; la ligne FL. » est la coupe du plan AA, BB.; ainsi FL convient avec AB. Le » point g convient avec la ligne PP ; le point directeur F » convient avec la directrice AA, ou DD. ; le point O. avec les » foyers C. M, avec les E. L, avec les B. z, x, y, avec les 2, 3, 4.

» Pour ne point endommager le parapet du chemin-couvert » par l'effet des fourneaux, il faut observer de placer le point » directeur F. ou directrices AA, DD, à une distance du pa- » rapet g. ou PP, comme de trois, quatre, cinq, six pieds : » en cet exemple F est à quatre pieds de g.

CONSTRUCTION.

» Si les convenances me déterminent à placer le premier éta- » ge de fourneaux à dix pieds sous le glacis, je fais F z. égal » à dix pieds. Du point z, j'abaisse sur F z, la perpendiculaire » z O, qui rencontre la diagonale FL. Au point O, qui donne » le foyer O, O, z, est la ligne de moindre résistance. Elle est » par la construction égale à dix pieds.

» Sur la ligne AN, je fais AI, égal à FO ; par le point Ie. je Fig. 4.

» tire la ligne CC, parallele à AA. Sur la ligne CC, je mar-
» que de dix pieds en dix pieds les premiers fourneaux C, qui
» par conféquent fe trouvent éloignés les uns des autres de
» leur ligne de moindre réfiftance égale à dix pieds.

Pour les feconds Fourneaux.

Fig. 4 & 6. » Sur la diftance des deux foyers voifins CC, comme bafe, je
» décris un triangle ifocelle CEC, dont je fais les côtés CE, CE,
» égaux chacun à la ligne de moindre réfiftance Oz, du four-
» neau O ou C; par le fommet E de ce triangle, je tire la
» ligne EE parallele à CC, ou à AA; je marque les feconds
» fourneaux E fur cette ligne EE; en forte que chaque E fe
» trouve vis-à-vis le milieu de l'efpace qui eft entre deux C
» ~~voifins, alternativement de deux en deux.~~ Sur la ligne AN, je
» prends la diftance CE, je la porte au profil de O en M,
» pour avoir le point M, centre du fecond fourneau; je tire Mx,
» parallele à Oz, & j'ai Mx pour ligne de moindre réfiftance
» des feconds foyers M.

Pour les troifiemes Fourneaux.

Fig. 4 & 6. » Sur la diftance de deux foyers voifins E, E, comme bafe,
» je décris un triangle ifocelle EBE, dont je fais les côtés EB,
» EB, égaux chacun à la ligne de moindre réfiftance Mx, du
» fecond foyer M ou E. Par le fommet B, je tire la ligne BB
» parallele à EE, fur laquelle je marque les troifiemes foyers
» B, dans le même ordre à l'égard des feconds, que celui qu'on
» a obfervé en marquant les feconds à l'égard des premiers. Sur
» la ligne AN, je prends la diftance EB, je la porte au profil

» de M en L, pour avoir le foyer L, centre du troisieme » fourneau : je tire la ligne L y. parallele à M x, & j'ai L y » pour ligne de moindre résistance des troisiemes foyers L.

Par le Calcul.

Premiers Fourneaux.

» La ligne F z ou z O = 10 pieds = *a*. Ainsi F O ou » A I = $\sqrt{2aa}$ = 14. pieds 1. pouce 9. lignes.

Seconds Fourneaux.

» Au Triangle isocelle C E C, par la Construction C E = » *a*. Ainsi $\sqrt{aa - \frac{aa}{4}}$ = O M ou C E, prise sur la ligne A B » $\sqrt{aa\,4 - \frac{aa}{4}}$ = 8 pieds 7. pouces 9. lignes. = *b*. Ainsi $\sqrt{\frac{bb}{2}}$ = » z x = M x − *a* = 6. pieds 1. pouce 9. lignes.

Troisiemes Fourneaux.

» Au Triangle isocelle E B E, soit E B = M *x* = *c*. or » E E. = 2 *a*. Ainsi E B. sur la ligne A B ou M L. = $\sqrt{cc - aa}$. = 12. pieds 7. pouces 2. lignes. = *d*. Ainsi $\sqrt{dd}$ = x y. = » L y − *c*. = 8. pieds 11. pouces 4. lignes.

» On voit que pouvant approfondir perpendiculairement » sous un glacis de vingt-cinq pieds & environ un pouce, les » premiers fourneaux étant à dix pieds de profondeur, on voit, » dis-je, qu'il y a de quoi placer trois étages de fourneaux, » sans que les premiers qui jouent endommagent les autres. Il » est facile de placer autant d'étages de fourneaux que la profon- » deur du terrein le permettra. En suivant la construction qui

» vient d'être expliquée, on voit que le profil & le plan des » foyers s'aident mutuellement ; le profil détermine certaines di- » menfions du plan des foyers, & le plan des foyers en dé- » termine au profil.

» La ligne de moindre réfiftance O z. des premiers fourneaux » C. détermine la diftance de C. à C. Elle donne auffi la diftan- » ce des C. aux E. La ligne de moindre réfiftance M x. déter- » mine la diftance des E. aux B ; & ainfi la diftance des foyers » inférieurs aux foyers fupérieurs, eft toujours la moindre réfif- » tance des fupérieurs ; mais il fe rencontre des terres foibles, » qui néceffitent à augmenter les lignes de moindre réfiftance » pour l'efpacement des fourneaux. Je n'ai pas vu que cette au- » gmentation ait paffé $\frac{1}{3}$; c'eft-à-dire fi la ligne de moindre réfif- » tance eft de douze pieds, l'efpacement des foyers fera de » feize pieds. La pratique donne cette connoiffance ; du refte, la » conftruction eft toujours la même.

» Il faut remarquer ici, dit encore M. de Valiere, que fi la » profondeur du terrein eft convenable à pouvoir faire fauter fix » & fept fois la fuperficie qui avoifine le chemin couvert, il » eft facile en plein terrein, qui aura la même profondeur, » de difpofer les fourneaux de maniere à enlever vingt fois les » mêmes endroits dans toute la fuperficie du glacis ou de la cam- » pagne. (1)

» Comme on n'a point encore vu ni oui parler d'une défenfe » de cette nature, on pourra foupçonner d'être imagination, » ce

(1) M. de Valiere faute tout d'un coup de 6 ou 7 jufqu'à 20 fois. Je comprends bien qu'en tournant, avec trois étages de fourneaux, autour d'un point qui feroit le quatrieme, on pourroit faire fauter ce point jufqu'à 19 fois ; mais à quoi tout cela fert-il ; finon à amufer des écoliers, & à faire ouvrir de grands yeux à des gens

» ce que je viens de dire en faveur de l'usage des contre-mines.
» Je n'avance rien qui ne soit fondé sur une théorie expérimentée. (1) La chose gît en fait, & j'en assure non-seulement la possibilité, mais aussi la facilité.

» Pour la préparation des contre-mines que je propose, il faut du temps & de la dépense : l'un & l'autre ne sont pas si considérables qu'on pourroit se l'imaginer. En trois ou quatre mois, s'il ne se rencontre point de roc vif, on peut perfectionner une Place en contre-mines, & se rendre maître de la campagne jusqu'à soixante & soixante-dix toises au-delà de la palissade, bien entendu avec le nombre suffisant de Travailleurs.

» Pour la dépense, je l'estime peu de chose, par rapport aux millions que coûte la bâtice des Places, à l'occasion desquel-

gens qui n'entendent rien dans ees choses-là. Il faut aller au véritable objet, & ne pas s'arrêter à des minuties. J'ai vu faire, il y a quelques années, devant un grand Roi, une épreuve pour enlever sept fois un même point. Six fourneaux dans un plan horisontal environnoient un septieme, tous à 9 pieds de distance l'un de l'autre, & à 9 pieds de profondeur. Ils furent chargé chacun d'environ soixante & dix livres de poudre, & l'on fit jouer celui du centre, le premier, qui fit son excavation suivant la loi ordinaire des mines chargées convenablement. Les autres jouerent successivement, & leur effet se fit de maniere que leur excavation générale eut environ trente-six pieds de diametre : sur quoi je jugeai que le Mineur n'avoit pas rempli l'objet de son épreuve, qui, probablement, étoit de ne faire sauter que le même point, l'effet des fourneaux environnants ne devant pas passer le premier entonnoir; & c'est à quoi il auroit sans doute réussi, s'il avoit réglé la charge des six fourneaux, non selon leurs premieres lignes de moindre résistance, mais selon celles qu'ils se trouvoient avoir après que le fourneau du centre eut joué : ce qui se feroit réduit, tout au plus, à une quinzaine de livres de poudre, au-lieu de soixante & dix livres. Ainsi cette épreuve n'a abouti qu'à faire jouer des mines les unes proches des autres.

(1) C'est peut-être sur quelqu'épreuve pareille à la précédente qu'est fondée la théorie expérimentée de M. de Valiere, & vraisemblablement ce sera là-dessus qu'il aura élevé son édifice.

» les il eſt important & néceſſaire d'employer toute l'induſtrie » poſſible pour les conſerver.

» Je dirai donc que ſur un front de polygone de deux cents » toiſes, je compte qu'il faut deux mille toiſes de galeries : ce » qui pourroit coûter, tant en matériaux qu'en main-d'œuvre, » environ 35000 livres (1), & outre cela cent milliers de pou- » dre à cette deſtination.

» Les galeries coffrées en bois ſont plus faciles à défendre, & » ſont auſſi plus commodes pour éviter certains accidents, que » celles qui ſont maçonnées; mais comme on eſt obligé de re- » vêtir de maçonnerie ces ouvrages pour qu'ils durent, il faut » pour éviter ces mêmes accidents, que le ciel de la galerie » ſoit plat, c'eſt-à-dire que la voûte en-dedans ſoit plate, & non » en ceintre, comme on les fait. (2)

» J'eſpere être en état de lever les objections que l'on pour- » ra faire ſur cette pratique des contre-mines. Une des plus con- » ſidérables, je crois, eſt la difficulté de manœuvrer dans les » galeries, & de percer des terres, lorſqu'il y a eu pluſieurs » fois de la poudre brûlée aux environs. En effet, les parties ni- » treuſes & ſulphureuſes de la poudre, mêlées avec les vapeurs

(1) Aujourd'hui il faudroit compter au moins ſur le double, ſur-tout dans le Pays où je ſuis.

(2) Je ne ſais ce que M. de Valiere entend, lorſqu'il dit qu'il voudroit que le ciel de la galerie fût plat, au-lieu d'être en ceintre. Il auroit dû, ce me ſemble, s'expliquer plus clairement ſur les avantages de l'un plutôt que de l'autre. J'ai conſulté des gens ſenſés ſur les accidents prétendus des voûtes ceintrées, & perſonne ne m'a pu rien répondre de poſitif là-deſſus. D'ailleurs, puiſque M. de Valiere parle de la difficulté de travailler dans des terres remuées par les mines, à cauſe des exhalaiſons cauſées par la poudre brûlée, il laiſſe ſon Lecteur en doute, ſi les rameaux doivent être maçonnés, ou ſi ſon projet ſe réduit à des opérations de ſiege.

» souterraines, en répandent une si épaisse & si insupportable » dans les galeries & dans les terres, que les Mineurs ne peu- » vent y résister. Souvent ils s'évanouissent & meurent, si on n'a » pas le soin de les retirer au plus vîte ; mais dans la construc- » tion des galeries, il y a des précautions à prendre pour y pu- » rifier & faire circuler l'air ; ce qui remédie à cet inconvé- » nient.

» Je souhaite, pour le bien du service, qu'on ait égard à ce » que je propose. J'ose même assurer que l'on y feroit une sé- » rieuse attention, si une fois l'on avoit expérimenté l'usage par- » fait des contre-mines.

Examen du projet de M. de Valiere.

Cet arrangement de mines, les unes plus profondes que les autres sous les terres d'un glacis, avec tous les avantages que M. de Valiere prétend en tirer, seroit assez bien imaginé, si l'exécution étoit aussi aisée que le projet, s'il ne manquoit rien au rapport que toutes les parties d'un tel projet doivent avoir entre elles. Il semble, à en juger à la premiere vue de ses desseins, que la distribution de ses mines n'est que pour la défense du glacis, même fort près de la palissade ; son étage le plus avancé dans les terres n'en étant guere qu'à trente pieds de distance. Qu'entend-il par *se rendre maître de la campagne, jusqu'à soixante ou soixante & dix toises de la palissade?* comme il le marque en un endroit de sa dissertation : est-ce avec ce même projet de trois étages de fourneaux qu'il pousseroit dans les terres, jusqu'à cette distance, par le moyen de quelque galerie principale, qui régneroit en maniere d'enveloppe souterraine, dans toute la partie défendue par les mines. J'avoue que je ne trouve pas ses raisonnements là-dessus bien nets.

M. de Valiere veut faire jouer, premiérement, l'étage le plus élevé qui n'est qu'à quinze pieds de la crête du glacis ; ensuite

celui du milieu, laiſſant le plus bas pour le dernier. Il attendra donc pour cela que l'Ennemi ſe ſoit logé preſque ſur la crête du glacis, & il croit qu'il s'y logera ſans précaution, ſachant avoir des mines ſous lui. Quoique je ne ſois pas l'Apologiſte d'un projet ſuſceptible, je ne dirai pas de tant de défauts, mais de tant de difficultés & d'inutilités, je ne m'érigerai pas non plus en critique outré d'un homme auſſi reſpectable que l'étoit M. de Valiere. J'ai cherché avec beaucoup d'application, de quelle maniere ſes idées pouvoient s'exécuter; le Lecteur impartial & connoiſſeur en jugera par les expoſés ſuivants.

Premiere maniere d'exécuter le projet de M. de Valiere défectueuſe.

Planche II.

En ſuppoſant, comme M. de Valiere, que l'on puiſſe ſe mettre à vingt-cinq pieds ſous les terres du glacis, ce qui eſt déja beaucoup, nous ſuppoſerons en même-temps, pour faciliter la choſe le plus qu'il eſt poſſible, un foſſé ſec de dix-huit ou vingt pieds de profondeur, comme on le voit par le profil de la contreſcarpe, Fig. Ie. Dans ce profil, à peu près le même que ceux de M. de Valiere, les fourneaux du premier étage ſont à dix pieds de moindre réſiſtance ſous le glacis, & à ſeize pieds au-deſſus du niveau du foſſé; ceux du ſecond étage ſont à neuf pieds au-deſſus du niveau du foſſé, & à ſeize pieds ſous le glacis; enfin, ceux du troiſieme étage, de niveau avec le fond du foſſé, ſont à vingt-cinq pieds ſous le glacis, & à environ trente pieds de ſa crête. Cela poſé, voyons ce qui doit naturellement en réſulter. Ira-t-on à chaque étage par des bouts de galerie, les uns plus bas, les autres plus élevés? A la rigueur, cela ſeroit praticable; mais alors quelle quantité de bouts de galeries, ou ſi l'on veut, de rameaux ne faudroit-il pas? Voyez-en un échantillon dans la Fig. 2e.

Cependant en ſuivant cette voie, puiſque nous l'avons ouverte, & faiſant, pour les fourneaux du premier étage, des ra-

meaux de vingt en vingt pieds, chaque rameau devant servir pour deux fourneaux, ce sera pour un front de polygone ordinaire, quatre-vingts bouts de galerie, ou rameaux du premier étage, quarante du second, & autant du troisieme, ceux du second & du troisieme espacés de quarante en quarante pieds, & chacun des derniers ne devant servir que pour un fourneau du plus bas étage. Voilà donc pour un seul front de polygone, cent & soixante rameaux tous séparés les uns des autres, & sans aucune communication entre eux, sinon par le fossé. On peut se représenter l'effet singulier que cela feroit le long d'une contrescarpe.

Si la largeur du chemin couvert est de huit toises, ce sera pour chaque rameau du plus haut étage avec ses deux retours, un ouvrage d'environ soixante & dix pieds de développement, & pour tous ensemble, de cinq mille six cents pieds; ce sera pour ceux du second étage, à proportion des premiers, trois mille deux cents pieds, & environ autant pour ceux du troisieme, à proportion des deux autres : en tout, pour les trois étages d'un front de polygone, douze mille pieds ou deux milles toises; ce qui se rapporte assez avec le compte qu'en a fait M. de Valiere; (1) & ce qui me fait conjecturer qu'il a entendu que ses mines fussent ainsi disposées. De cette maniere, il se trouveroit pour un front de polygone ordinaire, cent & soixante fourneaux du premier étage, quatre-vingts du second, & quarante du troisieme, en tout deux cents & quatre-vingts four-

(1) M. de Valiere suppose un front de polygone de deux cents toises, mesure prise sans doute d'un bastion à l'autre, tandis que le mien n'est que de cent & quatre-vingts toises; mais aussi, suivant ses desseins, la largeur de son chemin-couvert n'est que de six toises, & celle du mien est de huit toises; ce qui fait que l'un compense à peu-près l'autre, par rapport au développement général.

neaux, ſous une bande de glacis de deux cents & ſoixante-ſix toiſes de longueur ſur cinq de largeur; ce qui eſt immenſe. (1)

Avant d'arranger à fantaiſie des mines de toute eſpece ſous un glacis, il falloit au moins avoir examiné leurs effets en tout ſens, & ce qui pouvoit en réſulter. Dans le projet de M. de Valiere, les fourneaux de l'étage le plus élevé, feront ſans doute chargé les premiers, comme devant jouer les premiers; mais les fera-t-on jouer avant d'avoir chargé & bourré les ſeconds? Selon la diſpoſition des rameaux dont il eſt ici queſtion, ſi celui du ſecond étage étoit auſſi profond que le foſſé, cela ſeroit encore poſſible; car, à cette profondeur, les premiers fourneaux ne pourroient guere les atteindre, comme ils les atteindroient infailliblement, s'ils étoient de niveau avec leurs chambres de mines. A en juger par les Figures, n'eſt-il pas vrai que le fourneau du premier étage A, Fig. 2e. ou a, à ſon profil, étant ſous une ligne de dix pieds de moindre réſiſtance, le rameau d, qui n'en ſeroit éloigné que d'environ ſix pieds, ſeroit néceſſairement crevé par le fourneau A, à moins qu'on n'eût eu ſoin de le bien bourrer avant de faire jouer aucune des mines hautes des côtés: même la rupture s'étendroit aſſez loin, comme on en peut juger par la ligne ponctuée du foyer A, Fig. 2e, juſqu'en D, & même juſqu'en H au rameau à côté. Les rameaux du troiſieme étage ne pouvant guere être plus profonds que le foſſé, on doit juger, à l'aide des Figures, qu'ils ſeroient néceſſairement crevés par la compreſſion des mines du ſeconde étage, à moins d'avoir eu la précaution de charger les plus grands four-

PLANCHE II.

(1) Comme il n'eſt guere poſſible de marquer toutes ces choſes-là en détail ſur un ſimple plan, on s'en tiendra aux idées qu'on s'en fera, étant fort libre à chacun de deſſiner lui même ſes penſées.

neaux, & de les bourrer d'avance, pour pouvoir s'en fervir dans le befoin; mais combien tout cela ne demanderoit-il pas de fujétion, de peine & de matériaux.

Je demande à préfent quelle regle on doit fuivre pour charger ces fortes de mines. Chargera-t-on, toutes à la fois celles du front de polygone attaqué? ne chargera-t-on d'abord que les fourneaux du premier & du fecond étage, ou feulement une partie des uns & des autres aux endroits les plus expofés? En tout cas, il faudroit qu'il y eût dans la Place des gens affez expétimentés dans le métier pour ne rien faire mal-à-propos, pour ménager, comme il convient, les munitions & les matériaux, afin de parvenir au but par les voies les plus fûres, les moins dangereufes & les moins coûteufes.

Avantages fpécieux du fyftême de M. de Valiere.

Enfin, l'Ennemi ignorera ou négligera toute cette belle difpofition de galeries, de rameaux & de fourneaux qu'il aura fous lui, il fera tranquillement fes logements & établira fa batterie de brêche fur la crête du glacis. L'affiégé qui aura fous cette batterie fept ou huit fourneaux du premier étage, prêts à jouer tous à la fois ou à différentes reprifes, ne manquera pas de culbuter l'ouvrage de fon ennemi à mefure qu'il avancera. S'il y revient une feconde fois, comme il eft probable qu'il le fera, croyant être bien fûr d'un terrein déja remué par les mines, l'affiégé lui lâchera trois ou quatre fourneaux du fecond étage, qui bouleverferont fucceffivement tout ce qui aura été recommencé. Enfin, les fourneaux du troifieme étage, feront pour la troifieme fois que l'ennemi voudra s'opiniâtrer à y revenir, fans doute avec beaucoup plus d'effet que les premiers, puifqu'ils feront plus profonds. De cette maniere, fi l'on fait faire un bon ufage des mines de M. de Valiere, il ne fera pas difficile à l'affiégé de faire

fauter fon ennemi jufqu'à fix & fept fois, & même jufqu'à vingt fois. (1)

PLANCHE I. Suivant les cercles de la Figure 5e., les entonnoirs des mines du fecond étage doivent effacer ceux du premier, & ceux du troifieme effaceront tous les autres : ce qui feroit vrai, fi les lignes de moindre réfiftance reftoient toujours M x, L y, comme il eft marqué aux profils de M. de Valiere. Mais d'autant que la détermination de fes cercles & de fes lignes de moindre réfiftance n'eft pas des plus juftes, fur-tout après l'effet des premiers & feconds fourneaux, je m'en tiendrai à la Figure Ie. de la Planche II pour les lignes de moindre réfiftance & l'effet des fourneaux, & à la Figure 3e. pour les cercles. Dans la Figure 3e. A, marque le foyer d'un fourneau du premier étage. Lorfque ce fourneau aura fait fon excavation felon la loi ordinaire des mines, celui du fecond étage B fera auffi fon entonnoir felon la même loi, c'eft-à-dire à proportion de fa ligne de moindre réfiftance : or cette ligne de moindre réfiftance, l'excavation du premier fourneau faite, ne fera guere, à en juger d'après le profil, que de huit pieds, par conféquent le fecond fourneau B ne fera fon effet qu'à raifon de huit pieds de moindre réfiftance ; ce qui donnera le demi-entonnoir B E ou à peu près ; je dis à peu-près, puifque les différents fens dans lefquels les fourneaux fe trouvent placés, ne feront peut-être pas une ligne tout-à-fait droite, comme elle eft marquée au profil, & en ce cas, on ne rifque rien d'eftimer les lignes de moindre réfiftance un peu plus grandes

(1) J'avance ici des chofes à peine vraifemblables ; mais fans de telles fuppofitions qui forment le tableau de M. de Valiere, fon projet tomberoit de lui-même.

grandes qu'elles ne font, & les demi-entonnoirs à proportion de leurs lignes de moindre résistance. (1) Par les mêmes raisons, le troisieme fourneau fera aussi un demi-entonnoir parallelle à celui de B; ce qui est vraisemblablement tout ce qu'on peut promettre, même en chargeant les mines de quelque chose de plus que leurs lignes de moindre résistance ne le demandent.

On peut juger par cette exposition la plus conforme à la théorie & à la pratique des mines, qu'en ce cas-ci, les entonnoirs des trois étages seront à-peu-près les uns aux autres comme ils sont marqués dans la Figure 3e. & au profil de cette Figure.

Seconde maniere d'exécuter le projet de M. de Valiere.

PLANCHE II.

Pour diminuer cette quantité immense de rameaux, les difficultés & les dépenses auxquelles ils entraîneroient, voyons s'il n'y auroit pas moyen d'aller par un seul bout de galerie à plusieurs mines mêlées de tous les trois étages. J'en ai bien imaginé un pour aller jusqu'à cinq fourneaux; mais pour s'en servir, il faudroit changer quelque chose à l'ordre de ceux du premier étage: & voici comment je voudrois que cela se fît. On perceroit du fond du fossé autant de bouts de galerie qu'il y auroit de fourneaux du plus bas étage; & par chaque galerie, on iroit droit à chacun de ces fourneaux.

Soit dans la Fig. 4e. C, le fourneau du troisieme étage: B, B, deux fourneaux du second étage, & A, A, deux fourneaux

(1) En marquant le demi-entonnoir depuis B jusqu'en E, ce qui est tout ce que l'on peut admettre, la distance de A en E étant d'environ deux tiers plus grande que la ligne A B que nous prenons ici pour ligne de moindre résistance du demi-entonnoir, cela ne fera presque rien à la moindre résistance du fourneau C., & je présume que si l'on éprouvoit de faire sauter trois fourneaux dans un plan & profil à peu-près pareils à ceux-ci, l'excavation seroit à proportion telle qu'elle est marquée dans la Figure 1, & non comme elle est aux profils de M. de Valiere, à moins d'une charge excessive de poudre.

PLANCHE II.

du premier étage. X C, le rameau principal d'où partent les branches dont nous allons parler tout de ſuite. De ce rameau principal, on veut arriver aux points B; pour cet effet, on le perce en E, & l'on mene, en remontant des deux côtés, ſur un angle de quarante cinq degrés, deux branches qui vont aboutir aux points B, comme il ſe voit aux plan & profils de la Figure 4e. Un angle de quarante-cinq degrés donne une pente ſur laquelle on peut monter même ſans eſcalier. Ceci eſt pour venir à deux fourneaux du ſeconde étage. Pour arriver à ceux du premiere étage, il faudroit, ſuivant le Plan, déboucher au point D, & monter de deux côtés, comme au ſecond étage, avec l'angle de quarante-cinq degrés, & en marchant, comme il ſe voit, obliquement vers les deux A, à droite & à gauche du rameau. Il n'eſt queſtion, pour cela, que de ſavoir quelle longueur doit avoir la branche D A, pour être dans le ſens qui lui convient, par rapport à la hauteur de A, & à la profondeur de D; ce qui eſt l'affaire d'un calcul fort ſimple. Un peu d'examen de la figure & de ſes deux profils qui marquent les différentes hauteurs des points d'où l'on part, & où l'on arrive, abrégera bien des explications, qui, au-lieu d'éclaircir la matiere, ne feroient peut-être que l'embrouiller davantage.

Les avantages de cette maniere de commuiquer d'un ſeul bout de galerie à cinq fourneaux tels que nous venons de les ſpécifier, feroïent, qu'au-lieu de 160 galeries pour un front de polygone, (1) ſelon M. de Valiere, il n'y en auroit tout au plus que 40; qu'au-lieu de 2000 toiſes de développement, en comp-

(1) Quel ſpectacle, dans les circonſtances d'un ſiege, de voir des hommes entrer & ſortir comme des abeilles de cent & ſoixante trous différents!

tant 25 toises pour chaque bout de galerie & ses quatre branches, il n'y auroit guere que 1000 toises, moitié de ce qu'a compté M. de Valiere. Il est vrai que de cette maniere, il se trouveroit de 40 pieds en 40 pieds un fourneau du premier étage, qui ne devroit être regardé & traité que comme simple fougasse, laquelle n'étant pas si profondément en terre que les autres mines du premier étage, ne leur feroit aucun tort, comme on en peut juger par le profil de la Figure 4e. Il y auroit aussi, suivant ce plan, 40 fourneaux du premier étage à ôter de la totalité de ceux que M. de Valiere a supposés pour son front de polygone. (1)

Enfin, on peut juger, en suivant toujours le même plan & son profil, de la facilité de se servir, comme l'on voudroit, de toutes les mines du premier étage indépendamment des autres; & quoiqu'il n'en soit pas tout-à-fait de même de celles du second étage à l'égard du troisieme, cela n'empêche cependant pas

(1) On peut voir dans la Figure 4e. que la distance des deux fourneaux du premier étage qui tiennent à une galerie, est de trente pieds; en voici la raison. Si d'une profondeur de dix-huit à vingt pieds, on vouloit monter de chaque côté à deux points éloignés l'un de l'autre seulement de dix pieds, il faudroit grimper sur l'hypothénuse d'un triangle rectangle dont un côté de cinq pieds & l'autre de dix-huit ou vingt pieds; ce qui feroit impossible: & c'est aussi ce qui m'a déterminé à ne communiquer qu'à deux fourneaux du premier étage distants l'un de l'autre de trente pieds, afin de gagner, autant qu'il est possible, à peu-près l'angle de quarante-cinq degrés; & au milieu de cette distance de trente pieds, j'ai mis une fougasse au-lieu de deux fourneaux; ce qui fait les quarante fourneaux retranchés de la totalité de ceux de M. de Valiere. Il y auroit, de cette maniere, quarante pieds d'intervalle d'une fougasse à l'autre. Tout le monde sait qu'une fougasse n'est autre chose qu'un puits de quelques pieds de profondeur, dans lequel on met un peu de poudre que l'on recouvre de terre, & qu'on met le feu à cette poudre par le moyen d'une saucisse qui va répondre à quelque poste voisin.

d'en faire uſage ſéparément, en prenant les précautions néceſſaires pour cela. Tout dépend, en ce cas-ci, de la maniere d'arranger les ſauciſſes avec leſquelles on met le feu aux fourneaux. Par exemple, le fourneau C, Figure 4e., étant chargé, on fait au milieu du rameau, à un pied de profondeur, un petit canal C E. On met dans ce canal l'auget & la ſauciſſe avec toutes les précautions requiſes, & l'on bourre bien ſerré la partie depuis C juſqu'en E. Après cela on charge les deux fourneaux B, & on y ajuſte les augets de maniere qu'ils ſoient en E, élevés d'un pied & demi au-deſſus du fond du rameau; ce qui ſe fait avec des gazons, des pierres, des ſacs à terre, ou d'autres matériaux dont on ſe ſert ordinairement pour bourrer les mines. Les trois mines B, C, B, étant chargées de la quantité de poudre qu'il leur faut, les parties B F, C E, B E, bien bourrées juſqu'en E; pour conduire enſuite leurs trois augets à la diſtance que l'on veut, vers D, il n'eſt queſtion que de tenir celui du milieu toujours enfoncé d'un pied, & ceux des côtés élevés d'un pied & demi ou de deux pieds. De cette maniere, par elle-même, avec un peu de précaution, fort ſimple, les ſauciſſes ſe trouveront diſtantes l'une de l'autre d'environ trois pieds; ce qui eſt plus que ſuffiſant pour mettre le feu ſéparément à chaque fourneau du ſecond & du troiſieme étage. (1) L'effet des mi-

(1) Je me ſuis trouvé dans le cas de faire paſſer dans un rameau de deux pieds & demi de largeur, deux augets, dont un de chaque côté. Il y avoit deux pieds d'intervalle de l'un à l'autre, ſur une longueur de plus de trente pieds. La ſauciſſe dans chaque auget étoit fort groſſe; elle avoit bien quinze lignes de diametre. Cependant je fis mettre le feu premiérement à une mine, & enſuite à l'autre, ſans la moindre difficulté. A plus forte raiſon, cela n'en ſouffriroit-il point, s'il y avoit trois pieds de diſtance d'un auget à l'autre, & ſi les ſauciſſes n'avoient que huit ou neuf lignes de diametre; ce qui, à tous égards, ſuffit : car, à quoi bon conſumer de la poudre inutilement?

nes fera toujours comme il eſt repréſenté dans les figures & profils de la Planche II. Vous avez, Lecteur, le tableau devant les yeux; prenez la regle & le compas, meſurez, tracez, calculez, & décidez ſelon vos connoiſſances.

Troiſieme maniere d'exécuter le projet de M. de Valiere.

Aux deux manieres précédentes d'exécuter le projet de M. de Valiere, j'ajouterai que, pour n'avoir pas tant de portes dans le foſſé, on pourroit ſe borner à quelques entrées qui meneroient à une galerie magiſtrale ſous la banquette du chemin couvert. De cette magiſtrale on pouſſeroit autant de rameaux qu'il y auroit de fourneaux du plus bas étage, & tout le reſte ſe feroit enſuite comme dans la ſeconde maniere que je viens d'expliquer: même on pourroit faire la galerie magiſtrale auſſi avant dans les terres que l'on voudroit, & par conſéquent aller, comme dit M. de Valiere, juſqu'à ſoixante & ſoixante & dix toiſes de la crête du glacis. Cinq entrées ſuffiroient pour un front de polygone, une à chaque rentrant des Places d'armes, & une à chaque arrondiſſement de foſſé. De cette maniere la choſe paroîtra plus naturelle & plus ſimple, quoique le développement en général n'y gagne pas beaucoup, la galerie magiſtrale reſtant ſous la banquette du chemin-couvert; autre choſe eſt, ſi l'on avance, avec cette galerie, ſous les terres du glacis ou de la campagne.

Si M. de Valiere a prétendu exécuter ſon projet de quelqu'autre maniere que celles dont je viens de parler, il auroit bien dû, ce me ſemble, en donnant ſes idées au Public, lui faire part de ſa façon de travailler dans le terrein: mais telle eſt la manie des grands hommes; ils veulent ſouvent qu'on les devine.

Que les galeries & les rameaux ſoient maçonnés, ou qu'ils ne ſoient que coffrés en bois, quoiqu'il y ait une grande différence

dans la conſtruction, c'eſt cependant à peu-près la même choſe, non-ſeulement pour l'effet des mines dont il eſt ici queſtion, mais pour l'effet des mines quelconques.

Conſtruction des ſouterreins pour les mines.

Ceci nous mene naturellement à la conſtruction des galeries, des rameaux & des chambres de mines. Que ce ſoit pour des contre-mines, que ce ſoit pour des mines du dehors au-dedans, c'eſt preſque la même façon de procéder à leur conſtruction, tant qu'il n'eſt queſtion, aux unes & aux autres, que d'étançonnement & de coffrement en bois.

Faut-il faire des mines ſous un glacis où il n'y en a point encore? ou bien ne s'agit-il que d'y en ajouter de nouvelles? Dans le premier cas, on perce où l'on veut le mur d'une contreſcarpe, pour aller avec des galeries & des rameaux dans les terres, ſelon le deſſein qu'on s'eſt propoſé de ſuivre. Dans le ſecond cas, on ſe ſert des ſouterreins déja faits pour en pouſſer de nouveaux vers les parties où on les juge néceſſaires.

Les terres dans leſquelles on travaille, peuvent être de différentes ſortes: les unes tenaces & fortes, par conſéquent capables de ſe ſoutenir d'elles-mêmes, ſans avoir beſoin d'étançonnement, comme la terre graſſe; celle d'argille, de tuf, même celle qui ſe trouveroit mêlée de ces trois ſortes. La terre commune, le ſable fort demandent déja d'être étayés de quelques chaſſis de diſtance en diſtance, pour faire au-deſſus un plancher que l'on nomme le ciel de la galerie. Enfin, il y a les terres folles, le ſable humide, le ſable ſec, qui n'ayant par eux-mêmes preſque point de conſiſtance, demandent non-ſeulement un ciel de planches bien jointes, mais auſſi, de chaque côté, un plancher fait de maniere que le ſable ne puiſſe paſſer au travers; ce qui tout enſemble fait le coffrement de la galerie. Quelques-uns diſent l'encaiſſement. L'un & l'autre ſe font très-bien entendre.

Les galeries *principales*, que nous appellons auſſi *magiſtrales*, lorſqu'elles ſont en forme d'enveloppe ſouterreine, doivent être d'environ cinq pieds ſix pouces de hauteur, ſur trois pieds ſix pouces de largeur dans œuvre, afin qu'il puiſſe y paſſer deux brouettes de front. Les rameaux ſont proprement des bouts de galerie percés de la magiſtrale ou du fond de quelque foſſé. On fait à leurs extrêmités, des retours qui ſont comme leurs branches à droite & à gauche. Mais les rameaux & leurs branches doivent avoir des dimenſions différentes, plus petites naturellement que celles de la galerie : c'eſt pourquoi nous fixerons les premiers à quatre pieds ou quatre pieds ſix pouces de hauteur ſur trois pieds de largeur dans œuvre; les ſeconds ſeulement à trois pieds de haut ſur deux ou deux pieds trois pouces de large. Je fixe ici le retour à deux pieds trois pouces de largeur; mais ſi l'on prévoyoit avoir beſoin de pouſſer dans l'occaſion les travaux ſouterreins encore plus loin, avec ſix pouces de plus, on agiroit beaucoup plus aiſément en-dedans; ſinon il ſuffiroit de deux pieds, pour rendre le bourrage plus facile & moins coûteux.

Différentes dénominations & dimenſions des ſouterreins pour les mines.

Nous venons inſenſiblement à des ouvrages de maçonnerie dont je ne crois pas hors de propos de dire un mot en paſſant. Il eſt très-rare que les contre-mines d'une Place ne ſoient pas maçonnées. Quelque fois elles ſont taillées dans le roc; ce qui vaut encore mieux.

Quelquefois on ouvre la terre juſqu'à la profondeur à laquelle on veut mettre la galerie. Dès-lors la maçonnerie devient plus aiſée & en eſt beaucoup meilleure : car pour peu que le fond du terrein ait de conſiſtance, il ſuffit de donner aux pieds droits de la voûte, un fondement de deux pieds de largeur ſur huit ou dix pouces de profondeur. Sur ce fondement, on éleve

Galerie en maçonnerie faite à ciel ouvert.

PLANCHE II.

les côtés d'un pied & demi d'épaisseur, à la hauteur d'environ trois pieds dix pouces, & sur ces côtés l'on pose une voûte à plein ceintre de toute la largeur de la galerie, & de douze ou quinze pouces d'épaisseur. On observe de n'employer à cette sorte d'ouvrage que de bons matériaux, & l'on prend bien garde que tout s'y fasse avec la plus grande exactitude. Voyez, Fig. 5e. le profil d'une telle galerie, qui est comme toute magistrale doit être.

Je présume cependant que l'on aura bien examiné, si les fraix de l'excavation, & le retour des terres pour remplir ensuite le fossé, ne coûtent pas plus que de percer la galerie sous terre; si l'ouvrage est plus expéditif d'une maniere que de l'autre; lequel est le meilleur; enfin si, tout bien compensé, il y a plus à gagner à ouvrir qu'à fouiller la terre. (1)

Fera-t-on pour les rameaux, leurs branches, &c. une excavation comme pour la galerie dont il vient d'être question? Ce parti

(1) Si, dans un terrein ordinaire, l'excavation ne passe pas vingt pieds de profondeur, il n'est pas douteux qu'il n'y ait de l'avantage à ouvrir les terres pour peu que les ouvrages de la Place le permettent, ou qu'il ne se rencontre pas d'ailleurs trop de difficulté. La maçonnerie faite, comme je viens de le dire, à ciel ouvert, en est, sans doute, beaucoup meilleure, & tout ce qui tient à la galerie devient par-là d'une exécution beaucoup plus facile.

Ayant calculé les fraix d'une telle excavation, à l'occasion d'un ouvrage dont je fus chargé, & les ayant comparés avec ceux du fouillage des terres d'une longueur immense, la quantité de bois qu'il eût fallu pour le coffrement, la difficulté & la lenteur de la maçonnerie ensuite, la distance à laquelle il eût fallu transporter les terres des rameaux de leurs retours, &c.; la différence d'ouvriers employés à l'un & à l'autre ouvrage; enfin, tout bien & duement pesé, je pris le parti d'excaver les terres, d'autant mieux que quelques vieux fossés qui se rencontrerent en mon chemin acheverent de m'y déterminer, étant aussi favorables qu'ils pouvoient l'être à mon ouvrage.

parti demanderoit un bouleversement de terres trop général & trop grand. D'ailleurs, le rameau maçonné ne devant avoir que quatre pieds de hauteur sur trois pieds de largeur dans œuvre, il suffit d'un boyau percé dans la terre, de cinq pieds de hauteur sur environ cinq pieds six pouces de largeur. (1) Ce boyau se maçonne ensuite, ainsi que tous les autres ouvrages qui en dépendent, chacun selon la forme & les dimensions qu'il doit avoir. Si l'on fait attention à la différence considérable qu'il y auroit entre un fouillage de trente ou quarante pieds, comme il se voit aux profils Fig. 6e. & 7e., & une excavation de trois cents pieds de terre à ôter & à remettre, on jugera sans doute, que, dans un cas pareil, il n'y a pas à hésiter de percer du fond de l'excavation déja faite, les rameaux, les branches de rameaux & tous les souterreins quelconques, qui, selon le projet, doivent répondre à la galerie magistrale; même les communications pour y arriver des ouvrages de la Place, quoiqu'elles eussent les dimensions de la galerie ou même plus grandes. PLANCHE II.

Entrées des mines.

D'ordinaire on vient aux contre-mines qui sont pour la défense des dehors, (car c'est presque toujours-là leur objet,) ou par quelques ouvrages de la Place, ou simplement par leur fossé à la contrescarpe duquel on fait les ouvertures qu'il faut pour cela. De-là on entre dans les terres, ce qui est le commencement de presque tous les ouvrages de cette nature. Si le sol est

---

(1) Je spécifie ici cinq pieds de hauteur sur cinq pieds six pouces de largeur, dans la supposition que le terrein n'a besoin, ni d'étançonnement, ni de coffrement en bois : car s'il en avoit besoin, il faudroit compter sur un pied de plus en largeur, & un demi-pied en hauteur. Dans le premier cas, on ne perce pas dans la terre quarrément, comme on feroit obligé de le faire s'il falloit y rapporter des chassis; mais on suit à-peu-près la forme du rameau tel qu'il doit être en maçonnerie. Voyez la Fig. 6.

d'une très-bonne conſiſtance, on ſe contente d'y percer le ſouterrein, ſelon les dimenſions qu'il doit avoir pour recevoir enſuite la maçonnerie : ſinon, on l'étançonne avec des chaſſis de diſtance en diſtance. Dans un terrein ſablonneux ou autre de peu de conſiſtance, on le coffre entiérement en bois. Naturellement le premier chaſſis ſe met pour commencer à fouiller réguliérement dans les terres. Si le terrein permet d'aller juſqu'à quatre ou cinq pieds, ſans avoir beſoin d'étançonnement, il ſera aiſé de poſer le ſecond à la diſtance que l'on voudra du premier ; mettant enſuite le troiſieme, quatrieme & cinquieme, &c. également éloignés l'un de l'autre, & ſur la direction des deux premiers, il eſt preſque impoſſible de ne pas aller droit au point où l'on ſe propoſe d'arriver. S'il falloit un ciel pour ſoutenir la terre au-deſſus, on mettroit ſur les chaſſis, de l'un à l'autre, des bouts de planches coupés & taillés exprès pour cela, en obſervant d'affermir le tout de maniere que rien ne puiſſe ſe déranger, quand bien même il viendroit à s'y faire quelques éboulis.

Dans le ſable ou autre terrein d'une ſi mauvaiſe conſiſtance qu'il ne ſoit pas poſſible de faire l'excavation d'un chaſſis à l'autre ſans étançonnement, & même ſans encaiſſement ; les Mineurs ſont obligés d'uſer de précautions dont le détail ne ſera peut-être pas inutile à ceux qui ont du goût pour cette ſorte d'ouvrage. Après avoir mis leur premier chaſſis, dont ils ont coutume d'enfoncer les montants par en-bas, juſqu'à huit ou dix pouces dans la terre, ils pouſſent, autant qu'il leur eſt poſſible, par-deſſus & aux côtés, les bouts de planches qui doivent coffrer d'un chaſſis à l'autre. Qu'on ſoit parvenu à les faire déborder le premier chaſſis d'un pied, ce ſera un pied ou un pied & demi à excaver, pour les avancer de quelques pouces de plus, &

tirer à mesure autant de terre que l'on peut. Alors on se sert d'un chassis postiche qui entretient le plancher à la hauteur qu'il doit être posé sur le second chassis. Cela fait, on passe entre cette premiere partie du plancher & le second chassis, les planches qui doivent former le coffrement jusqu'au troisieme; le reste se fait comme il vient d'être dit du premier au second. Ce sera sans doute la même chose du troisieme au quatrieme, du quatrieme au cinquieme, &c. jusqu'à ce que l'on soit parvenu au point où l'on s'est proposé d'arriver. (1) On observe, dans des ouvrages pareils, que les planches d'en-haut soient plus fortes que celles des côtés, & que toutes débordent les chassis de quelques pouces. Les pieces qui composent les chassis, doivent être, pour les galeries & les grands rameaux, au moins de cinq pouces d'équarrissage; pour les branches les plus basses & les plus étroites, de quatre pouces; pour les rameaux moyens, de quatre pouces & demi. Elles sont d'ordinaire de bois de sapin, le plus commun & le moins coûteux. Ce n'est pas que si le souterrein devoit rester coffré en bois, il ne convînt très-bien, pour avoir un ouvrage plus durable, que le plancher & les chassis du coffrement fussent de bon bois de chêne.

Pour une galerie haute de cinq pieds six pouces, & large de trois pieds & demi en maçonnerie, il faut que les chassis qui reglent son coffrement en bois, soient, dans œuvre, de six pieds & demi de largeur sur six pieds huit ou neuf pouces de hauteur,

(1) Quelquefois il se trouve dans la terre de grosses pierres, des morceaux de rochers ou de quelques vieilles murailles qui empêchent de passer. Souvent c'est une voie d'eau, dont il est fort difficile de se garantir. Si l'on peut vaincre ces sortes d'obstacles, tant mieux : sinon on fait, quoi qu'il en coûte, tout ce qu'il est possible pour les éviter.

non compris les huit ou dix pouces dont les montants sont enfoncés dans la terre, non plus que les trois ou quatre pouces dont ils doivent être entaillés par en-haut pour s'ajuster avec les traverses. La Figure 7e. fait voir comment un chassis doit être monté dans œuvre. On juge aisément qu'ayant tous les mêmes dimensions, ils formeront un souterrein égal par-tout. Je les mets, dans une mauvaise terre, à trois pieds de distance l'un de l'autre, de milieu en milieu; pour peu qu'ils soient forts, & que les planches soient bonnes, cela suffit, le rameau dût-il rester long-temps sans être maçonné. Je suis persuadé que dans un terrein d'une consistance ordinaire, on pourroit les mettre à trois pieds & demi, &, pour peu que la terre soit bonne, à quatre pieds (1).

PLANCHE II.

Pour les rameaux plus bas & plus étroits que la galerie, pour les branches plus basses & plus étroites encore que les rameaux, on fait des chassis qui conviennent avec leurs dimensions. Alors on n'est pas obligé de les mettre si proches les uns des autres.

Maçonnerie sous terre.

On ne commence à maçonner que lorsque les parties les plus avancées dans les terres, sont achevées en bois; alors de l'extrêmité de ces parties, vraisemblablement les branches des rameaux, on vient, avec la maçonnerie, toujours en rétrogadant jusqu'au fossé. Le coffrement des branches les plus petites en hauteur & en largeur, ne faisant qu'un quarré de quatre pieds, il suffit de donner à la voûte dix pouces d'épaisseur, & aux pieds droits des côtés, douze pouces; le tout sur un fondement à

(1) J'ai fait en un endroit un bout de galerie de trente pieds de longueur, avec un retour de sept ou huit pieds, sans ciel ni encaissement. Quoique dans une terre ordinaire, & que le souterrein se trouvât précisément sous un grand chemin où il passoit journellement quantité de grosses voitures, je me suis contenté d'y mettre des simples chassis à quatre pieds de distance l'un de l'autre.

proportion du poids des terres au-dessus. La muraille des côtés laissera un vuide de quatre pouces jusqu'au plancher, à cause des chassis qui avancent d'autant en-dedans; mais ce vuide, ainsi que celui que la voûte laisse naturellement d'un chassis à l'autre, doit être tout de suite rempli de matériaux au moins aussi solides que la terre d'alentour avec laquelle ils doivent faire liaison. Quelquefois on maçonne quarrément sous les chassis mêmes; ce qui, pour la dépense, est une bagatelle, &, pour l'ouvrage, un avantage réel. Voyez à ce sujet les Figures 8e. & 9e. Dans l'une, la maçonnerie quadre avec les chassis; dans l'autre, les vuides ne sont remplis que de terre. La maçonnerie des rameaux moyens doit être aux côtés, de quinze pouces d'épaisseur; la voûte pardessus, de douze pouces, & le fondement, dans une terre ordinaire, d'un demi-pied de profondeur; les vuides remplis en tout sens, avec encore plus d'exactitude que ceux des branches dont il vient d'être question.

A l'égard des grands rameaux & des communications de mêmes dimensions que les galeries, on n'a qu'à voir ce que j'ai dit précédemment de ces dernieres.

Souvent on est obligé de monter ou de descendre. Par exemple, la Figure 10e. marque de A à B une distance de dix-huit pieds sur laquelle on a dû descendre de trois pieds. Pour cet effet, je suppose que l'on a cherché les angles de l'hypoténuse d'un triangle rectangle avec ses deux autres côtés, l'un de trois pieds, l'autre de dix-huit pieds. L'angle avec le côté de trois pieds étant de quatre-vingts degrés trente-deux minutes, on le marque sur un demi cercle adapté à une regle de sept ou huit pieds de longueur, afin que par le moyen d'un fil à plomb qu'on fait battre précisément entre quatre-vingts & quatre-vingts & un degrés, (deux minutes de plus ou de moins ne faisant rien à la

Cas de monter ou descendre dans les mines.

PLANCHE II.

chose,) cette regle dirige la pente que l'on doit suivre d'un chassis à l'autre; ce qui est une méthode simple & très-sûre pour tout ce qui se fait en ce genre, soit en montant, soit en descendant. Car n'est-il pas vrai que, pour remonter de B en A, même Fige. 10e., c'est toujours l'angle de quatre-vingts degrés trente-deux minutes, pris dans un sens opposé à la supposition précédente, qui dirige BA, pour que A se trouve de trois pieds plus élevé que B.

J'ai vu des Mineurs n'y pas faire tant de façons. Il suffisoit de leur dire: vous partirez de ce point-ci, & vous irez jusqu'à soixante pieds sous terre, en descendant de cinq pieds sur le tout: soixante pieds demandent vingt chassis à trois pieds de distance l'un de l'autre, ou quinze à quatre pieds; cinq pieds font soixante pouces: par conséquent, dans le premier cas, ils mettoient un chassis plus bas de trois pouces que l'autre, & dans le second cas, de quatre pouces.

De la maniere dont vient d'être expliqué ce qui regarde le travail des Mineurs dans une Place, qu'il faille monter ou descendre, de peu ou de beaucoup, sur une distance courte ou longue, ce sont toujours les mêmes choses à observer, avec cette attention cependant, que, s'il falloit opérer pied pour pied sur le côté d'un angle avec l'horison de quarante-cinq degrés, comme dans la seconde maniere d'exécuter le projet de M. de Valiere, on seroit obligé d'enfoncer les montants des chassis, au moins de douze ou quinze pouces dans la terre, & de tailler les traverses qui poseroient à plomb sur les montants, de maniere qu'il n'y eût aucune difficulté à bien assurer le plancher au-dessus.

Maniere de coffrer un souterrein sans chassis.

Quelquefois, au-lieu de chassis, on se sert de bouts de planches taillés à leurs extrêmités pour former le quarré que l'on

veut avoir. En ce cas, le plancher servira lui-même d'étançonnement, si les planches sont assez fortes pour soutenir d'elles-mêmes les terres dont elles sont environnées. Un souterrein coffré de cette maniere, se maçonne bien plus aisément que lorsqu'il est étançonné avec des chassis; puisque la maçonnerie touche le plancher des deux côtés jusqu'à la hauteur où commence la voûte, & qu'alors il ne reste à remplir que le vuide que celle-ci laisse extérieurement. Pour peu que le terrein ait de consistance, je ne vois aucune difficulté à percer de cette maniere toutes sortes de souterreins, non-seulement pour des contre-mines, mais aussi pour des mines de siege, le fouillage des terres, les étançonnements & coffrements en bois étant pour les unes à peu-près comme pour les autres. Je dis à peu-près, puisqu'il y a déja une différence entre les dimensions d'une galerie & celles d'un simple rameau, & que d'ailleurs les mines de siege se traitent d'ordinaire plus légérement que les contre-mines; ce qui est fort naturel, puisqu'elles durent moins long-temps.

Maniere d'aller aux mines devant une Place par des puits.

PLANCHE II.

On ne vient pas non plus aux mines devant une Place, comme j'ai dit plus haut que l'on venoit aux contre-mines. J'ai souvent vu, pour les premieres, faire dans la Tranchée des puits de la profondeur des rameaux que l'on vouloit pousser vers la Place. Pour cet effet, supposant cette profondeur de dix pieds, sur trois pieds & demi quarrés par en-haut, comme il se voit en la Figure 11e., on creusoit perpendiculairement la terre d'environ quatre pieds en tout sens, garnissant, à mesure, les côtés de l'excavation avec des bouts de planches de six pieds de longueur, soutenues par deux chassis qui marquoient les dimensions que le puits devoit avoir en quarré. Après cela, on creusoit encore de deux pieds, pour avoir le plancher & le troisieme chassis à la profondeur de six pieds; enfin, le reste de l'exca-

vation, depuis ſix juſqu'à dix pieds, ſe faiſoit ſans chaſſis, à moins qu'on ne jugeât à propos d'en mettre un au fond du puits, pour ſoutenir & entretenir quarrément, juſques-là, la ſeconde partie de ſon coffrement faite de bouts de planches d'environ cinq pieds de longueur. De cette maniere, avec quatre pieds francs d'étançonnement, depuis le troiſieme chaſſis juſqu'au fond du puits, on alloit en rameau où l'on vouloit, & à telle hauteur que l'on vouloit.

Si le terrein ſe trouvoit d'une telle conſiſtance qu'on pût ſe paſſer de coffrement & d'étançonnement, au-lieu de faire le puits quarré, on le feroit rond, ne fût-ce que pour mieux ſoutenir la terre des côtés. Je préſume qu'il faudroit auſſi conſulter pour cela la profondeur du puits.

Par des deſcentes ſous le parapet de la Tranchée.

J'ai vu ſouvent, au-lieu de puits, faire l'entrée de la mine ſous le parapet de la Tranchée, que l'on approfondiſſoit, dans certaines parties, autant qu'il falloit pour cela. De cette maniere, plus l'entrée avoit de profondeur ſous le parapet, mieux elle étoit couverte, & moins il falloit deſcendre pour arriver au point où l'on vouloit commencer le rameau. (1) Quelquefois cette deſcente formoit elle-même le rameau, à l'extrêmité duquel on faiſoit un retour pour l'emplacement de la chambre de mine.

Des puits, galeries & rameaux d'écoute.

On appelle puits d'écoute, rameaux d'écoute, ceux qui ſe font autour des cavaliers de Tranchée, des batteries de brêches,

(1) Les deſcentes dites à ciel couvert, pour aller par-deſſous le parapet de la Tranchée juſqu'au fond du foſſé de quelqu'ouvrage, ne demanderoient pas plus de façon que celles des galeries & des rameaux, ſi les dimenſions de leur coffrement étoient pour les unes comme pour les autres. Il eſt naturel qu'une deſcente de foſſé ſoit plus grande, en tout ſens, que quelque galerie ou rameau que ce puiſſe être.



ches, ou de quelques logements fort avancés ſur le glacis, pour que l'Ennemi ne puiſſe en approcher ſans être d'abord découvert. Comme il eſt à préſumer que celui-ci fait tout ce qu'il lui eſt poſſible pour venir ſous ces ſortes d'ouvrages, & les faire ſauter, une barricade pareille jointe à quelques fourneaux qu'il trouveroit en ſon chemin, dans des endroits où il s'y attendroit le moins, eſt bien capable de lui faire manquer ſon coup.

Les chambres ſont, comme nous l'avons vu au commencement, les endroits où ſe met la poudre. Il en eſt qui demandent d'être coffrées, étayées, maçonnées même comme les branches à côté deſquelles on les fait. Quelquefois on ſe contente de mettre la poudre bien encaiſſée, dans un trou de deux ou trois pieds de profondeur à l'extrêmité du ſouterrein ; ce qui augmente la ligne de moindre réſiſtance, & facilite d'autant plus le bourrage de la mine.

Maniere de charger & de bourrer les mines.

La charge des mines n'eſt pas une choſe fort difficile. Connoiſſant leurs lignes de moindre réſiſtance, on ſaura, par le calcul le plus ſimple, (1) ou par les Tables déja calculées pour cela, (2) la quantité de poudre dont elles ont beſoin, pour

(1) Ce calcul ſe fait par une formule des plus ſimples. On multiplie, par elle-même, la ligne de moindre réſiſtance exprimée en pieds. Du produit on retranche la derniere Figure, pour multiplier le reſte, encore une fois, par la ligne de moindre réſiſtance, & avoir au quotient a peu près la charge du fourneau dans une terre de moyenne conſiſtance. Par exemple, ayant douze pieds de moindre réſiſtance, j'écris

12
multiplié par 12

14 | 4
multiplié par 12

168 livres.

pour une mine qui auroit douze pieds de moindre réſiſtance.

(2) Voyez les Tables inférées vers la fin de ce Traité.

être chargées convenablement. Cette poudre se met dans une caisse capable de la contenir exactement. Les dimensions de la chambre se reglent d'après cette caisse, à laquelle on fait une ouverture pour y introduire le bois d'une fusée qui doit porter le bout de la saucisse jusqu'au centre des poudres. (1) On observe de le faire déborder extérieurement de quelques pouces, pour que l'auget qui doit le recevoir & porter la saucisse en rétrogradant jusqu'à la fin du bourrage de la mine, s'ajuste mieux avec le côté de la caisse auquel il est essentiel, non-seulement de le faire toucher, mais de l'assurer de maniere que rien ne puisse les séparer. La saucisse ne doit pas non plus être trop tendue dans les augets; c'est pourquoi on la cloue un peu lâche dans le fond, se servant pour cela d'un marteau de cuivre, puisque cuivre contre fer ne fait jamais de feu. Cela fait & l'auget bien recouvert, on travaille à rapporter des terres, depuis la chambre où commence le bourrage, jusqu'au point où il doit finir. (2) J'ai déja dit avoir vu quelque part le bourra-

(1) Quelquefois on se contente de faire à la caisse, un trou quarré, par lequel on introduit, au-lieu de fusée, un bout d'auget qui porte également la saucisse au centre des poudres, pour peu qu'elles soient en quantité.

(2) Je parle du bourrage d'une mine simplement avec des terres rapportées, gazons ou autres, sans avoir dit auparavant de quelle maniere la chambre devoit être étançonnée. Sans doute que dans les contre-mines dont l'objet n'est pas de faire de grandes excavations, il ne conviendroit pas de laisser du vuide autour des poudres; mais dans les travaux d'un siege, où les mines ne sauroient faire d'entonnoirs trop grands, il ne peut qu'être avantageux de laisser dans la chambre le vuide qui s'y trouve naturellement après y avoir mis la caisse de poudre. J'ai été témoin de quelques épreuves faites à l'égard de deux fourneaux, à égale profondeur dans une même terre, & chargés d'une égale quantité de poudre, l'un bourré & fermé pour ainsi dire hermétiquement, l'autre avec un pied de vuide tout autour de la caisse. Les deux mines ayant joué presqu'au même instant, l'en-

ge de certains Fourneaux de contre-mines fait avec du bois de chauffage mêlé de terre.

Si la chambre devoit être droite à l'extrémité du rameau ou de quelqu'une de ſes branches, il faudroit, je le répete encore, pour un meilleur effet de la mine, que la caiſſe de poudre fût enfoncée, au moins de toute ſa hauteur, dans le terre-plein. De cette maniere, le bout de la fuſée, au-lieu de ſortir d'un de ſes côtés, ſortiroit par en-haut à-peu-près à la demi-hauteur de l'auget, qui lui ſerviroit de couverture. Tout le reſte concernant les augets & la sauciſſe ſe feroit comme je l'ai dit précédemment.

Pour étançonner réguliérement une telle mine, il conviendroit de mettre ſur les poudres, en guiſe de couvercle, des bouts de madriers ou de poutrelles d'environ trois pieds de longueur; on mettroit enſuite, de bas en-haut, ſur cette eſpece de plancher, des étançons que l'on y feroit entrer par force. Enfin, l'on rempliroit les vuides d'un étançon à l'autre, & ſucceſſivement la partie du rameau qui devroit être bourrée de matériaux les plus propres à cet objet.

Mais comme tout cet étançonnement exigeroit plus de temps, de travail & de ſujétion que n'en demande l'effet d'une mine ordinaire, il ſuffiroit, ſelon les expériences que nous en avons, de rapporter ſur le plancher dont on auroit couvert la caiſſe de poudre, ou, ſur cette caiſſe même, autant de gazon qu'il en faudroit pour y faire un ſolide, au moins de même conſiſtance que la terre dont il ſeroit environné. Si l'on avoit

tonnoir de la ſeconde, où il étoit reſté du vuide, ſe trouva plus grand, même aſſez conſidérablement, que celui de la premiere. C'eſt un fait dont je crois être en droit de conſtater la vérité, puiſque je l'ai vu.

assez de gazons pour faire le bourrage en entier, il seroit sans doute meilleur, & demanderoit, à proportion, moins d'étendue que si on le faisoit simplement de terres rapportées.

Si la chambre, au-lieu d'être droite à l'extrêmité du rameau ou de quelqu'un de ses retours, se trouvoit à côté, après y avoir mis la poudre bien enfermée dans une caisse de bois de sapin, après avoir rapporté de la terre bien serrée ou des gazons bien joints tout à l'entour de sa caisse, (1) arrangé les augets & la saucisse, comme il a été dit quelques articles plus haut, on la fermeroit avec des bouts de madriers soutenus d'autant d'étançons qu'il en seroit nécessaire pour que la mine n'eût ensuite besoin que d'être achevée de bourrer à la maniere ordinaire.

Dans le cas d'une chambre & d'une branche de rameau trop humides, je voudrois, pour empêcher l'humidité de parvenir jusqu'aux poudres, qu'après avoir bien poissé la caisse & les augets en-dedans & en-dehors, on les élevât au-dessus du terre-plein, ne fût-ce que de quelques pouces. (2)

(1) Ceci suppose par conséquent qu'une telle mine ne devroit faire qu'une excavation la plus petite possible, ainsi que je l'ai dit précédemment, à l'occasion des épreuves faites à ce sujet.

(2) Je me rappelle la maniere dont je m'y pris pour me garantir de l'eau dans une mine où il fut employé cinquante quintaux de poudre. J'avois fait faire, à l'extrêmité du rameau, la chambre pour les poudres plus profonde de deux pieds que son terre-plein. Alors il survint une source qui remplit bientôt le trou d'eau. On essaya de le vuider, mais en vain; car l'eau y restoit toujours à la même hauteur, Ce qui me détermina à mettre bien vite la caisse de poudre dans l'eau même; mais pourtant de maniere que la poudre ne pût contracter d'humidité pendant vingt ou vingt-quatre heures que devoit durer la charge & le bourrage de la mine. Pour cela, je fis faire une caisse cubique de cinq pieds dans œuvre. Les cinq morceaux de madriers pour le fond de la caisse furent bientôt à l'endroit préparé pour les recevoir, ainsi que la premiere assise de planches qui devoient en former le quarré. J'avois fait faire à part quatre autres petites caisses, d'environ deux pieds quatre pouces de hauteur, & d'ailleurs assez grandes pour être contenues exactement dans la grande caisse. Je les fis poisser, en-

Pour ce qui est de mettre le feu aux mines, les uns ne font autre chose que de répandre un peu de poudre à l'endroit où aboutit la saucisse, couvrant cette poudre d'un morceau de papier troué au milieu, pour y planter un brin d'amadou à-peu-près de l'épaisseur d'un crayon ordinaire, & d'une longueur proportionnée au temps que l'on veut que le feu dure avant d'arriver à la poudre: ce qui s'appelle allumer le *moine*, pour mettre le feu à la mine. (1)

Maniere de mettre le feu aux poudres.

Les autres introduisent dans le bout de la saucisse une fusée de bombe ou de grenade, chargée pour durer un temps pres-

dehors & en-dedans, de maniere qu'il fut impossible à l'eau de pénétrer jusqu'aux poudres dont on les remplit ensuite: cependant, avant de les mettre dans la grande caisse, je fis ajuster à celle-ci, trois planches de sa seconde assise, l'une parderriere, les deux autres aux côtés. Cela fait, on mit les petites caisses dans la grande, & tout de suite s'ajusta à celle-ci, la quatrieme planche de sa seconde assise, observant de boucher à mesure, avec de l'étoupe, les ouvertures qu'elles laissoient entre elles. Autour du quarré que formoient ensemble les quatre petites caisses, je fis clouer une toile forte qui devoit se relever par-dessus les côtés de la grande caisse, lorsqu'ils seroient parvenus à leur hauteur. De cette maniere, les troisieme, quatrieme & cinquieme assises bien ajustées l'une sur l'autre, la toile relevée par-dessus & tenue par trois ou quatre planches de son couvercle, clouées, en conséquence sur les côtés, j'y fis mettre tout de suite les poudres qui furent transportées dans le meilleur ordre & sans le moindre accident, par cent & cinquante hommes, dont chacun étoit chargé d'un tiers de quintal dans un sac à terre, & marchant tous à dix pas de distance l'un de l'autre, depuis le dépôt jusqu'à l'entrée de la mine, qui fut chargée & bourrée en vingt-quatre heures. Nous vimes ensuite, par d'autres mines aussi considérables que celle-ci, que tout cela auroit pu se faire en beaucoup moins de temps, si nous n'eussions pas eu à nous précautionner si fort contre les eaux. Il falloit donc, en ce cas-ci, que l'eau montât jusqu'à deux pieds six ou sept pouces, en vingt-quatre heures, pour arriver jusqu'aux poudres; ce qui n'étoit nullement à présumer, les quatre petites caisses étant, comme je viens de le dire, si bien poissées en dehors & en-dedans qu'elles ne lui laissoient absolument aucun accès.

(1) C'est ainsi que les François mettent le feu à leurs mines.

crit. Ils ont soin que la tête de cette fusée déborde l'auget de quelques pouces, comme aussi de la garnir tout à l'entour de terre grasse, de peur que quelques grains de poudre répandus par hasard aux environs, ne mettent trop-tôt le feu à la mine, & ne deviennent par-là la cause de quelques malheurs. (1)

Il est des cas où l'on pourroit sans danger mettre le feu à la mine comme à l'amorce d'un canon.

Ces manieres de charger les mines, de les bourrer, & d'y mettre le feu, sont autant pour l'assiégeant que pour l'assiégé, pour des mines sous le rempart comme pour celles du glacis, dans la pierre comme dans la terre, avec cette différence cependant, que les étançonnements deviennent plus nécessaires à proportion de ce que le terrein dans lequel on travaille est plus dur & plus tenace.

J'ai déja parlé de la maniere de mettre le feu à trois fourneaux séparément, quoique leurs augets passassent par un même rameau; mais si l'on vouloit les allumer tous les trois, & même plus, à la fois, il ne s'agiroit que de faire leurs saucisses de même longueur, afin qu'en mettant le feu au foyer où elles se réuniroient, les mines sautassent toutes en même-temps.

(1) En faisant l'épreuve d'une très-grande mine, en certain lieu, je manquai de périr, faute de cette précaution que l'Officier de Mineurs, chargé d'y mettre le feu, auroit dû prendre mieux qu'il ne fit. Je devois faire un signe au Roi, pour que de son côté il donnât, par un coup de pistolet, le signal auquel le Mineur devoit allumer la fusée faite pour durer trois ou quatre minutes; mais au-lieu de cela, le feu pris comme à un canon, dans le temps que j'étois encore près de la mine. Je me jettai bien vite à un arbre près duquel je me trouvai, par bonheur; ainsi j'en fus quitte pour la peur des décombres qui passerent au-dessus de moi, pour aller à cinq cents pas plus loin, d'où l'on peut juger que les branches qui me couvroient n'en furent pas exemptes.

On me dira peut-être qu'il n'y a guere de Mineurs qui ne sache, par expérience, tout ce que je viens de dire, & même beaucoup plus. Cela peut être, j'en conviens, & même je suis d'avis que cela devroit être ainsi. Aussi ne l'ai-je fait que pour ceux qui ne le savent pas, & pour mieux lier ensemble les parties de cet essai, dont il est libre à chacun de faire l'usage qu'il voudra (1).

Nouveau projet de contre-mines en avant du chemin couvert.

Je reviens encore une fois à la distribution des contre-mines par rapport à leurs différentes profondeurs dans les terres : mais pour entendre mieux ce que je vais dire à ce sujet, qu'on déplie la Planche 3e., la Figure premiere de cette Planche représente le fond d'un polygone, où l'on peut compter la quantité de fourneaux qu'il y auroit sous le glacis, selon ce nouveau projet. La Figure seconde marque la maniere dont les rameaux & leurs branches doivent être disposés pour son exécution. La Figure 3e, profil pris sur la ligne A, b, c, D, de la Figure 2e, marque la profondeur & longueur du rameau sortant d'un coffre sous la contrescarpe, la hauteur réciproque des trois étages de fourneaux, & les excavations qu'il doit y avoir après qu'ils auront joué.

PLANCHE III.

Ici le glacis va en pente sous un angle, avec l'horison d'environ quatre degrés. Les fourneaux du premier étage, les plus bas de tous, sont, comme il se voit au profil, à trente pieds de la crête du glacis, & à vingt-quatre pieds de moindre résistance ; ces vingt-quatre pieds pris par la ligne la plus courte depuis la semelle du souterrein jusqu'à la surface du glacis ; ceux du se-

(1) Je ne suis pas Mineur de profession ; mais celle d'Ingénieur me mettant dans l'obligation d'approfondir la partie des mines, me donne, sans doute, le droit d'en traiter ; ce que pourtant je ne fais qu'en Ingénieur, comme il est aisé de le voir.



cond, à cinquante-ſept pieds de la crête du glacis, & à quinze pieds de moindre réſiſtance; ceux du troiſieme à ſoixante & douze pieds de la crête du glacis, & à neuf ou dix de moindre réſiſtance; tous les trois étages faiſant enſemble, en deſcendant ſur une ligne droite vers la place, un angle de vingt degrés trente minutes avec la ligne du glacis & avec la ligne horiſontale, celui d'environ dix-ſept degrés.

J'ai mis la pente du glacis ſous un angle, avec l'horiſon, de quatre degrés; mais, quelque ſoit cette pente, pourvu qu'elle n'aille pas aux extrêmités, comme je l'ai vu en pluſieurs endroits, on obſervera toujours que les fourneaux du troiſieme étage ſoient ſous neuf ou dix pieds de moindre réſiſtance; ceux du ſecond, ſous quinze pieds, & ceux du premier, ſous vingt-quatre ou vingt-cinq pieds, la ligne ſur laquelle ils ſe rencontreront tous les trois, faiſant conſtamment, avec la ligne du glacis, l'angle de vingt ou vingt & un degrés: car il faut obſerver ſoigneuſement que les foyers des mines ſoient à une diſtance fixe les uns des autres; ce qui étant bien obſervé, il s'en ſuivra que la ligne de moindre réſiſtance perpendiculaire à la ſurface du glacis, s'éloignera de la ligne à plomb, à proportion de l'angle plus ou moins grand de la ligne du glacis avec la ligne horiſontale. Il s'enſuivra, par conſéquent, que, ſi cet angle étoit de vingt à vingt & un degrés, les trois étages ſe trouveroient preſque de niveau, quoique ſous des lignes de moindre réſiſtance bien différentes. Enfin, ſi le glacis avoit une pente qui paſſât l'angle avec l'horiſon de vingt & un degrés, quoique les fourneaux du premier étage euſſent plus de terre au-deſſus d'eux que ceux du ſecond & du troiſieme; il ſe trouveroit cependant qu'à l'égard du niveau, ceux-ci ſeroient, à proportion, plus profonds que le premier; d'où je conclus que ſi l'on conçoit bien le rapport

rapport des fourneaux avec l'angle formé par la ligne horiſontale & la ligne du glacis, on comprendra aiſément que cette diſtribution peut convenir à toute ſorte de terrein & de ſituations différentes, ſi l'on obſerve de mettre les fourneaux, tous à une diſtance les uns des autres telle que je viens de la preſcrire.

Je préviens que tout ceci ne regarde que la défenſe du glacis & le terrein en-avant. C'eſt pourquoi il eſt eſſentiel que les fourneaux du premier étage ſoient placés de maniere qu'ils ne puiſſent endommager la crête du glacis, & qu'ils ne laiſſent pas non plus aſſez de terre pour les logements de l'Ennemi. Suivant le profil de la Figure 2e., un fourneau du premier étage, à trente pieds de diſtance de la crête du glacis, & ſous une ligne de vingt-quatre ou vingt-cinq pieds de moindre réſiſtance, feroit placé convenablement à l'effet que l'on voudroit qu'il fît. Il n'y auroit donc que quelques cas particuliers qui demanderoient de les mettre un peu plus en-avant ou en-arriere, à proportion de l'angle du glacis avec la ligne horiſontale, celle-ci priſe en un point quelconque de la ſurface du premier. La ligne des fourneaux du premier étage déterminée, parallélement à la crête du glacis, à trente pieds horiſontaux de cette même crête, les fourneaux à vingt-quatre ou vingt-cinq pieds de profondeur, & à cinquante-ſept pieds l'un de l'autre; la ligne des ſeconds, parallele à celle des premiers, ſera à environ vingt-quatre pieds de celle-ci, & ſes fourneaux alternativement à la diſtance de vingt-quatre & de trente-trois pieds, comme il ſe voit dans la Figure 2e.

Enfin, les fourneaux du troiſieme étage que je ne traite que comme de ſimples fougaſſes, (1) feront rangés, partie ſur la

(1) On verra enſuite la raiſon pourquoi je voudrois que les fourneaux du troiſieme étage ne fuſſent que des ſimples fougaſſes, & l'on en jugera.

ligne du ſecond étage, partie dix pieds en-avant de cette ligne, comme il eſt marqué par la lettre D, Figure ſeconde. Dans cette même Figure, la lettre C marque les fourneaux du ſecond étage, & B ceux du premier; il ſemble d'abord qu'il y ait ſur les capitales plus de deux étages de véritables fourneaux de mines; mais faiſant attention à la lettre B qui marque ceux du premier étage, à C qui marque ceux du ſecond, & à D pour les fougaſſes qui ſont le troiſieme, on voit, à n'en pouvoir douter, qu'il n'y a par-tout que deux étages de mines, & un troiſieme de fougaſſes.

Maniere d'exécuter ce nouveau projet de contre-mines.

Ce n'eſt pas aſſez de projetter une quantité de fourneaux ſous terre, il faut expliquer bien clairement la maniere la plus facile & la plus ſimple d'exécuter un tel projet.

PLANCHE III.

J'ai marqué dans la Figure ſeconde, à l'angle ſaillant du foſſé ſur la capitale du Baſtion, une Caſemate ou coffre de 60 pieds de longueur ſur ſeize pieds de largeur, & dix ou onze pieds de hauteur. Aux deux côtés de cette Caſemate ſont deux bouts de galerie crénelés, comme il ſe voit au plan, pour faire feu dans le foſſé, & donner de l'air au ſouterrein. On y voit auſſi comment par de grands rameaux & leurs branches, on va de la Caſemate juſques aux fourneaux du premier & du ſecond étage. Je dirai après la maniere de traiter les fougaſſes.

Ne pourroit-on pas pratiquer ſur la capitale de la demi-lune, quelque coffre pareil à celui de la capitale du Baſtion, avec des bouts de galerie aux côtés, aſſez longs, pour pouvoir delà communiquer par des rameaux aux ſept fourneaux du premier étage qui ſe trouvent ſous la branche du glacis correſpondante avec un des côtés de la demi-lune? Je vais plus loin: en coûteroit-il beaucoup pour joindre enſemble les deux bouts de galerie, l'un à droite de la Caſemate, ſur la capitale du Baſtion,

l'autre à gauche de celle de la demi-lune, en passant sous le terre-plein de la place d'armes, comme il se voit dans la Figure premiere. Il me semble que cela feroit une très-bonne communication d'une Casemate à l'autre, dont on se serviroit pour aller aux mines sous le glacis de la place d'armes. Tout cela, à l'aide des Figures, se comprendra aisément.

Les fourneaux du premier étage de niveau avec le terre-plein de la Casemate, c'est-à-dire A, dans la Figure seconde, de niveau avec b & B, on perce le rameau de A à b, ensuite de b à B. Le premier de cinq pieds six pouces de hauteur, sur trois pieds six pouces de largeur dans œuvre, & le second seulement de deux pieds six pouces de largeur, sur trois pieds de hauteur. La partie de b à c aura les dimensions d'un rameau moyen, c'est-à-dire quatre pieds de hauteur sur trois de largeur; les branches c C, trois pieds sur deux pieds six pouces, comme b B. Les C marquent les mines du second étage. Pour y arriver, commencera-t-on à remonter de b, ou seulement de c? L'un & l'autre est faisable; mais je préférerois le premier au second, pour avoir une rampe plus douce. J'ai déja expliqué la maniere de monter d'un point à l'un autre.

Des fougasses selon ce nouveau systéme.

PLANCHE III.

Ce que je propose touchant les fougasses, fort simple en soi-même, n'exige presque point de dépenses. Je laisse la Contrescarpe & le chemin couvert libres de tout embarras & de toute sujétion. Je me contente de faire en c un petit soupirail de huit ou neuf pouces quarré, mais dont la maçonnerie ne vient que jusqu'à vingt ou vingt-quatre pouces de la surface du glacis. J'en fais deux pareils à droite & à gauche de b, & tout reste dans cet état jusqu'au temps d'avoir besoin des mines. Ce temps arrivé, on marque les endroits où doivent être les fougasses, comme ici en D, où l'on fait des puits de neuf ou dix pieds de

profondeur. Qu'ils ſoient ronds ou quarrés, c'eſt bien la même choſe, eu égard à leur objet; mais pour n'avoir beſoin ni de chaſſis, ni de coffrement, comme auſſi pour être plus aiſés à faire & à remplir de terre, le mieux ſeroit ſans doute de les faire ronds, ſur environ trois pieds de diametre. On fait au fond d'un tel puits, du côté du ſoupirail d'où lui doit venir le feu, un trou de ſeize ou dix-huit pouces quarré, ſur autant de profondeur, & c'eſt dans ce trou que ſe met la caiſſe de poudre dont la fougaſſe doit être chargée. Mais pour une plus grande facilité dans cette manœuvre, je voudrois qu'elle ſe fît de la maniere ſuivante. On attacheroit à la caiſſe un morceau d'auget d'environ huit pieds de longueur, (1) on couperoit un de ſes côtés d'environ un pied, pour être par-là découvert d'autant, & pouvoir s'appliquer exactement à la ſurface de la caiſſe d'où ſort le bout de la fuſée qui doit en être couvert. On obſerve de ne joindre l'auget & la caiſſe enſemble, que lorſque la sauciſſe eſt dans l'un & l'autre comme elle doit y être. Alors on

(1) Tout le monde ſait qu'un auget n'eſt autre choſe qu'un tuyau de bois formé de quatre lattes, chacune d'environ trois pouces de largeur. Je dirai, à ce ſujet, que je me ſuis quelque fois ſervi d'augets de forme triangulaire. Je prenois pour cela deux lattes de trois pouces de largeur, & une troiſieme de cinq pouces. Je joignois enſemble les deux premieres, de maniere qu'elles fiſſent un angle d'à-peu-près ſoixante degrés, & que leurs bords fuſſent préparés pour recevoir la troiſieme deſtinée à fermer exactement l'auget, en le débordant d'un pouce de chaque côté. Je faiſois faire enſuite dans le foſſé qui menoit à la fougaſſe, ou au milieu du terre-plein du rameau, s'il étoit queſtion d'une mine ordinaire, une rigolle de forme triangulaire, comme celle de l'auget, afin que l'on pût entrer dans l'autre ſans difficulté. La sauciſſe poſoit de cette maniere préciſément ſur l'angle de l'auget, & étoit auſſi bien couverte qu'elle pouvoit l'être. Les augets de cette forme s'ajuſtent mieux enſemble que les quarrés, & ne ſont pas ſi ſujets à contracter l'humidité, pour peu que le fond ſût poiſſé, pour ne la point laiſſer venir par en-bas.

les cloue l'une à l'autre, de maniere que rien ne puiſſe les déranger. On peut mettre la poudre dans la caiſſe avant de la deſcendre dans le puits, ou, ſi l'on veut, ne l'y mettre qu'après. Le premier eſt préférable au ſecond, pour lequel il faudroit avoir fait un trou à la ſurface ſupérieure de la caiſſe, que l'on boucheroit, ſans doute, après qu'elle auroit été remplie. Il n'eſt pas difficile de ſe repréſenter comment tout cela ſe fait, pour que chaque choſe ſoit à ſa place. On deſcend la caiſſe dans le puits, & on la met à l'endroit préparé pour la recevoir. De cette maniere, le bout de l'auget ſe trouvant à-peu-près à deux pieds ſous la ſurface du glacis, on va de-là, par un foſſé de cette profondeur, droit au ſoupirail le plus à portée, comme on le voit ponctué de c à D, de b à D, dans la Figure 2ᵉ. La diſtance la plus courte de c à D étant de vingt-quatre pieds, elle demande une ſuite, au moins de deux longueurs d'auget, dont un bout couvrira le morceau qui entre dans le puits, & l'autre celui que l'on aura fait deſcendre par le ſoupirail juſqu'au rameau. Ainſi après avoir bien ajuſté la sauciſſe, depuis la caiſſe juſqu'à l'endroit du rameau où elle doit recevoir le feu, après avoir bien fermé les augets, & les avoir couverts de la terre qu'il leur faut, après avoir remplis les puits de leur propre terre bien battue avec la demoiſelle, & avoir préparé tout, dans le rameau, pour porter, delà, le feu aux poudres de la fougaſſe, on demeure tranquille juſqu'au moment d'en faire uſage. Je voudrois que les ſoupiraux dont j'ai parlé, ne vinſſent pas de la voûte des ſouterreins, mais du côté extérieur de leurs pieds droits; de ſorte qu'il ne fût queſtion que d'une petite ouverture dans leur épaiſſeur où la sauciſſe viendroit aboutir.

J'ai mis ici les fougaſſes à peu de diſtance des ſoupiraux auxquelles elles ont rapport, comme à vingt-quatre, trente-ſix &

quarante-deux pieds tout au plus, quoiqu'on puiſſe les mettre à cent & cinquante pieds. Il ne s'agit alors que d'une plus grande ſuite d'augets ſous terre & d'une ſauciſſe, à proportion plus longue.

De bombes ſous le glacis.

On pourroit auſſi enterrer deux ou trois bombes autour de la fougaſſe, pour recevoir le feu en même-temps qu'elle. Il ne faut qu'avoir une idée un peu nette de toutes ces choſes-là, pour les voir dans tous leurs ſens, & en comprendre d'abord la facilité. Une telle fougaſſe ne demande que le temps de creuſer un puits de neuf ou dix pieds de profondeur, de le remplir, après y avoir mis la charge, & de recouvrir les augets de la terre du foſſé dans lequel on les aura mis; ce qui peut ſe faire en une nuit. On pourroit auſſi faire les puits, placer les augets de communication, & les recouvrir de terre, dès le moment qu'on ſe voit menacé d'un ſiege. En ce cas, lors il ne s'agit que d'un bon couvercle ſur chaque puits, qui demeure vuide & couvert juſqu'au temps de charger la fougaſſe. Alors par le moyen d'une longue corde que l'on aura laiſſé dans les augets, en place de la ſauciſſe, on tire, dans le beſoin, celle-ci, depuis le centre des poudres où elle aboutit, juſqu'au fond du rameau où on veut qu'elle arrive. (1)

On voit, par la maniere dont les rameaux & leurs branches ſont diſpoſés dans ce projet, ce que l'on peut ſe promettre d'une telle diſtribution, où il n'y a rien que de ſimple & à la portée de tout le monde. J'ai dit, à l'occaſion du projet de M. de Valiere, la maniere de parvenir à l'exécution de ces ſortes d'ouvrages. Qu'eſt-ce qui empêcheroit de les porter, tous enſem-

(1) J'ai ſouvent fait mettre dans un tel puits, une échelle de ſa hauteur, pour y deſcendre plus aiſément dans le beſoin.

ble, plus avant qu'ils ne font marqués fur le plan, par le moyen d'une galerie magiftrale dont j'ai parlé, à l'occafion de la troifieme maniere d'exécuter le projet de M. de Valiere.

Des grands obftacles qui pourroient fe rencontrer lors de la conftruction des ouvrages.

Sans entrer dans beaucoup de détails des difficultés occafionnées par les eaux, non plus que de cent autres obftacles qui pourroient fe rencontrer fous la terre, lors de la conftruction des fouterreins, je dirai feulement que, fi c'eft quelque voie d'eau qui menace d'inonder la galerie ou le rameau, on fait des puits affez profonds pour la recevoir & la faire filtrer dans les terres. Que fi cet expédient n'étoit pas pratiquable, ou fi l'on prévoyoit qu'il ne dû fervir de rien, il faudroit en chercher quelqu'autre, comme celui de changer de chemin; ce qui, je crois, feroit encore le meilleur parti à prendre. Il eft vrai qu'il faudroit alors changer quelque chofe au projet; mais en le faifant prudemment, ce qui demande déja une certaine habileté dans celui qui en feroit chargé, il eft à préfumer qu'on feroit fervir l'obftacle contre l'Ennemi lui-même.

Si l'on alloit toujours en remontant depuis le foffé, je ne vois nulle difficulté à donner de l'écoulement aux eaux, en fi grande quantité qu'elles puffent être. Ainfi, fi l'affiégeant prévoyoit avoir quelque chofe à craindre des eaux, ce dont il peut à-peu-près juger par la connoiffance du terrein dans lequel il chemine, il devroit, pour agir plus fûrement, commencer fon rameau, en un point quelques pieds plus bas que celui où il voudroit arriver, afin que l'eau pût s'écouler à mefure qu'il avanceroit dans fon ouvrage. Dans le cas de quelque morceau de roc vif, de pierres de carriere ou autres qui fe préfenteroient au paffage, on chercheroit, en fondant, quelque moyen de paffer par-deffous ou à côté, finon on feroit obligé d'y faire un trou, felon la direction de l'ouvrage; ce qui ne feroit pas déja une chofe fi

difficile, ni ſi coûteuſe, ſur-tout pour ceux de la Place qui auroient eu tout le temps qu'il leur auroit fallu pour cela. Mais ſi, avant de travailler à vaincre l'obſtacle, on en prévoyoit la continuation, ne vaudroit-il pas mieux le laiſſer entier à l'Ennemi, & changer tout-à-fait le projet dans cette partie? Au reſte, lorſque ces choſes arrivent, les moyens d'y remédier viennent beaucoup mieux dans l'eſprit, ſur le lieu même, que dans une diſſertation qui ne ſauroit guere repréſenter tous les ſens dans leſquels elles doivent être vues. C'eſt ordinairement dans des Pays de collines & de montagnes que ſe rencontrent les plus grandes difficultés. Il ne ſe trouve guere de rocher dans un terrein plat; quelquefois il s'y trouve des carrieres & des eaux de fond auxquelles on a dû s'attendre.

PLANCHE III. Je reviens à mon projet de contre-mines. Le profil, Figure 3e. eſt à-peu-près~~, comme ceux de~~ M. de Valiere, quoique dans un ſens oppoſé, & quoiqu'il y ait bien de la différence dans la diſpoſition reſpective de mes fourneaux & des ſiens, eu égard à leur hauteur & à leur diſtance l'un de l'autre. Qu'on examine ſon ſyſtême & le mien, on verra que ſur un même front de polygone, au-lieu de quarante galeries, ſelon M. de Valiere, il n'y en aura, ſelon moi, que quatorze; au-lieu de quarante fourneaux du plus bas étage, il n'y en aura que vingt-huit; au-lieu de quatre-vingts du ſecond étage, il n'y en aura que quarante-huit; enfin, au-lieu de cent & ſoixante du troiſieme étage, il n'y auroit qu'une cinquantaine de fougaſſes; le tout enſemble devant au moins faire autant d'effet que ceux de M. de Valiere, quoiqu'en plus grande quantité. J'en fais juger les plus expérimentés dans le métier.

Je conviens, qu'y compris les Caſemates & les galeries d'une Caſemate à l'autre, le développement de mes ſouterreins ne différera

férera pas beaucoup de celui de M. de Valiere; (je suppose, au reste, qu'il n'admet pas lui-même de telles casemates & galeries;) mais considérant les avantages qu'on en retire, & faisant attention à ce qu'il y aura plus de la moitié moins de fourneaux, quelle quantité de poudre à diminuer, & quelle aisance pour manœuvrer dans des galeries & des rameaux faits de cette façon? La vue du Plan, avec un peu d'étude des Figures, mettra le Lecteur en état d'en porter son jugement. (1)

Tout ce que j'ai dit jusqu'ici ne regarde que les contre-mines sous le glacis & en-avant du glacis. Il s'agit à présent de celles des ouvrages de la Place. *Des contre-mines du corps de la Place, & des ouvrages détachés.*

La Figure quatrieme fait voir un ravelin contre-miné comme je voudrois qu'ils le fussent tous, comme je voudrois aussi que le fussent les Bastions, si leurs gorges étoient retranchées. On voit, à la gorge du ravelin, deux traverses, par-dessous lesquelles on passe pour arriver à la galerie pratiquée sous son retranchement. Du point E de celle-ci, on passe sous le petit fossé D pour venir à la galerie ABC. Voyez le tour que tout cela fait pour ressortir en I. A, B, C sont les points d'où l'on perce les rameaux & leurs branches, comme il se voit au Plan. A chacun de ces points est un soupirail d'une ouverture assez grande pour y faire passer non-seulement les terres du rameau, mais celles *PLANCHE III.*

(1) Il en est de ce projet-ci comme de beaucoup d'autres, qui ne sont que pour avoir quelques regles générales dans les choses que l'on entreprend. C'est ensuite à l'Ingénieur & au Mineur à se faire des regles particulieres pour la distribution & la construction de leurs ouvrages. Je présume que ce n'est qu'en proportionnant les forces du dessous à celle du dessus qu'on peut se promettre de parvenir à une juste combinaison. On peut aussi consulter les mémoires, plans & profils des contre-mines les plus célebres, on peut les voir, en prendre ce qu'il y aura de bon, & laisser le reste.

de la galerie, à mesure que l'on avance dans sa construction (1). Je voudrois qu'au moins les galeries & leurs communications fussent maçonnées. Les rameaux, leurs branches & les chambres de mines se feroient ensuite, lorsqu'il en seroit besoin. Voyez les profils de tout cet ouvrage dans la Figure cinquieme, où les points f, e, d, a, g, h, correspondent avec F, E, D, A, G, H. Figure quatrieme f e, marque le passage sous la traverse, en laissant assez de terre au-dessus pour être à l'abri des bombes. e montre le profil de la galerie sous le retranchement; e d marque la descente & le passage sous le petit fossé; d, un soupirail; a, le profil de la galerie sous le rempart; a g, la longueur du rameau; g, le profil du retour jusqu'en h, où est la chambre.

Pour un ravelin comme celui-ci, il faudroit tout au plus cent dix toises courantes de galeries, & environ autant pour un bastion, en ne supposant, sous le retranchement de celui-ci, que deux simples passages, pour aller par-dessous son petit fossé, jusqu'à la galerie magistrale, d'où l'on perceroit, comme au ravelin, quelques rameaux avec leurs retours; ce qui pourtant ne devroit se faire, comme je l'ai déja dit, que dans le besoin. Alors quelle facilité à établir des fourneaux sous les breches que l'ennemi auroit faites aux ouvrages de la Place. Le profil marque à quelle profondeur ils doivent être sous le parapet, pour l'effet que l'on veut qu'ils fassent. Car il ne s'agit point ici d'ouvrir, ni le parapet, ni le rempart; mais seulement de se rendre maîtres des breches de l'ennemi. Les soupiraux le long

(1) Ceci suppose que l'on auroit commencé par faire des puits du haut en-bas, pour former ces soupiraux.

de la galerie donneroient, en ce cas-ci, beaucoup de facilité pour charger & bourrer les mines.

Pour favoriser la retraite des défenseurs des breches, soit au bastion, soit au ravelin, il seroit bon d'avoir quelques fougasses, comme celles que l'on voit ponctuées devant le passage qui mene du retranchement au terre-plein de l'ouvrage, ne fut-ce que pour en imposer à l'assiégeant, si il le fait, ou pour arrêter son impétuosité, s'il ne le fait pas. De telles fougasses auront naturellement leurs communications jusqu'à la galerie, par-dessous le retranchement & son fossé, pour n'avoir qu'à y mettre le feu comme à l'amorce d'un canon.

Maniere de faire sauter tout un retranchement.

J'ai fait ici deux parties de galeries qui occupent tout le retranchement du ravelin. Il faut à présent que je dise les raisons qui me l'ont fait faire ainsi. Ce retranchement n'est que pour la sûreté intérieure du ravelin, pour mieux couvrir sa garde, pour garantir du ricochet ses pieces de flanc, & pour assurer la retraite de ceux qui seroient forcés d'abandonner le terrein en-avant. L'ennemi une fois maître de tout l'ouvrage, soit qu'on le lui ait abandonné ou autrement, le retranchement, de la forme qu'il est, nuiroit, sans doute, à l'assiégé, s'il restoit sur pieds, & c'est pour cela que j'ai projetté ces deux parties de galeries pour le raser, quand on voudra, de fond en comble. Quoique je n'aie point encore eu l'occasion de faire moi-même des épreuves là-dessus, je ne doute pourtant pas du succès, en s'y prenant de la maniere que je vais dire. On commence par bourrer dix-huit ou vingt pieds de chaque galerie des côtés où l'on descend sous le petit fossé; après quoi, il reste environ dix-neuf toises de vuide, où l'on arrange six ou sept caisses de poudre, de maniere qu'on puisse leur donner le feu par-dessous la traverse, qui elle-même demeurera vuide jusqu'à quatorze ou

quinze pieds de la porte de communication, afin qu'elle ait le même fort que le retranchement, & que tout soit rasé jusqu'au fondement. Sans doute que les premiers quinze pieds, en entrant sous la traverse, auront été bien bourrés avec les matériaux dont on se sert pour les mines, & qu'on aura eu soin de mener une saucisse avec son auget, par-dessous terre, jusqu'au revêtement de la gorge de l'ouvrage, pour qu'on puisse y mettre le feu par le fossé. On fera la même chose à droite & à gauche du retranchement, pour que les deux parties & leurs traverses sautent en même-temps.

Maniere de faire sauter les traverses du chemin-couvert.

PLANCHE III.

Les traverses d'un chemin-couvert ou autres, sont dans le cas du retranchement dont je viens de parler. On s'en sert autant que l'on peut, puis on les fait sauter d'un seul coup, ce qui est le plus sur moyen d'empêcher que l'Ennemi ne s'en serve pour se couvrir jusqu'au bord de la contrescarpe. Ayant fait, sous la traverse, une espece de rameau, comme il se voit au chemin couvert du ravelin, Figure 4e., & au profil de ce chemin-couvert, Figure 6e., on met, quand on veut, dans ce rameau, quelques caisses ou barriques de poudre, puis on en ferme l'entrée de maniere qu'elle fasse autant de résistance que chacun des autres côtés de la traverse. On y met le feu par le fossé, comme à une mine ordinaire, & la traverse est rasée jusqu'au fondement. (1) Il en peut être de même de tout autre ouvrage, comme enveloppes, fleches, épaulements, dans un chemin couvert ou ailleurs.

---

(1) Il y a quelques années qu'il se fit à B***. une épreuve de ce genre, à l'occasion d'une traverse sous laquelle on avoit laissé une espece de canal vuide, de maniere que la résistance aux deux bouts se trouvoit égale à celle du dessus & des côtés. On y avoit mis deux caisses de poudre qui partageoient le canal en trois,

Voyez, Figure 6e., la maniere de faire une fougaſſe ſous le glacis, & d'y mettre le feu, par le moyen de la traverſe dont il vient d'être queſtion.

& l'on avoit compaſſé le feu, pour que, d'un ſeul foyer, il pût arriver au même inſtant aux deux caiſſes. Le feu y ayant été mis, comme à une mine ordinaire, toute la traverſe ſe trouva raſée juſqu'au fondement. J'ajouterai à cette épreuve un extrait d'une lettre de M. de Belidor, du 11 Mars 1754, à Paris.

MONSIEUR,

» J'ai reçu au retour d'un voyage que » je viens de faire en Bretagne, la lettre » que vous m'avez fait l'honneur de m'écrire au ſujet des épreuves ſur les mines » que j'ai fait par ordre du Roi, au printemps dernier, & qui ont réuſſi au-delà » de mes propres eſpérances. Ces épreuves ont pour objet la maniere la plus » prompte qu'il eſt poſſible, de ſe rendre » maître des Places aſſiégées, principalement de celles qui ſont contre-minées, » de maniere que les contre-mines ſe tournent ſubitement contre la Place, ſans » que l'aſſiégé puiſſe s'en garantir, qui eſt » un des deux moyens que je mets en uſage. (*Il parle enſuite du premier moyen qui n'a pas beaucoup de rapport à l'objet dont il eſt ici queſtion, & finit ſa lettre par ce qui ſuit.*)

» Je n'entre point en explication ſur » les deux objets de mes épreuves, qui eſt » de changer en tranchées de ſieges toutes les contre-mines d'une Place; avec » une promptitude qui paſſe toute expreſſion. M. le C. d'Argenſon ayant » vu, en moins de ſix heures de temps, » trois cents toiſes de galeries devenir de » magnifiques Tranchées, larges de vingt-quatre pieds, ſur douze de profondeur, » où il n'y avoit plus qu'à y faire paſſer » les Troupes pour s'en mettre en poſſeſſion; ce qui jette l'Ennemi dans un » ſi grand déſordre, qu'il n'a d'autre parti » à prendre que d'abandonner le chemin-couvert, où il eſt écraſé d'une grêle » de décombres dont on ne peut ſe mettre » à l'abri qu'à deux cents toiſes de diſtance.

» Vous voyez, MONSIEUR, que je » cherche à vous ſatisfaire au-delà de ce » que vous m'avez demandé. L'objet de » plaire à Sa Majeſté *le Roi de Pruſſe*, me » fournira de nouveaux motifs de vous » communiquer bien des choſes neuves » ſur un ſujet auſſi intéreſſant. »

Il m'écrivit enſuite dans une lettre du 31 Mai 1754.

» Comme il s'agit moins de crever des » galeries que d'en faciliter l'entrée, comme j'ai eu l'honneur de vous le marquer » dans ma précédente, il ſuffit que le » globe de compreſſion les atteigne en

On voit, parce que je viens de rapporter des lettres de M. de Belidor, qu'il ne s'eſt pas tout-à-fait expliqué ſur la maniere de faire ſon épreuve, pour enlever tout d'un coup une galerie d'une auſſi grande étendue. Il me marque qu'en ſix heures de temps, il a changé trois cents toiſes de galeries en Tranchées; mais il ne me marque rien de ſa diſpoſition de poudre pour cela.

On conjecture aiſément de ce qu'il dit de ſes Tranchées de douze pieds de profondeur, ſur vingt-quatre pieds de largeur, qu'il avoit fait creuſer douze pieds dans la terre, pour y mettre ſes galeries qu'il a enſuite recouvert de terre. Il me ſemble que, ſi je me trouvois dans un cas pareil, voici ce que je ferois. Suppoſant l'entrée au milieu du développement des galeries de l'Ennemi, je tâcherois, comme le projette M. de Belidor, de le chaſſer de ſon terrein, pour avoir cent & cinquante toiſes de vuide de chaque côté. J'aurois des petits tonneaux ou ſacs de poudres proportionnés à la moindre réſiſtance de la galerie, que je ferois mettre de diſtance en diſtance, le plus loin que je pourrois, menant en même-temps une ſauciſſe, d'un ſac ou d'un ton-

» un ſeul point, pour y faire ſeulement » une ouverture; après quoi l'on y entre, pour en chaſſer l'Ennemi, ou pour » l'étouffer, s'il a la confiance de vous y » attendre. Enſuite il y a une diſpoſition » de poudre à faire dans ces galeries qui » les change ſubitement en Tranchées, & » vous font par conſéquent un chemin » pour aller à la place. Je vous répete » ſouvent la même choſe, à cauſe de ſon » importance. Vous trouverez cet opération développée dans l'ouvrage que je » fais à préſent pour Sa Majeſté *le Roi* » *de Pruſſe*. "

Les épreuves dont il eſt ici queſtion ſe ſont faites en Normandie, dans une terre appartenante à M. le Maréchal de Belliſle. M. le Comte d'Argenſon, ainſi que pluſieurs autres perſonnes diſtinguées de la Cour, les principaux du Génie, de l'Artillerie & des Mineurs, y furent appellés.

neau à l'autre; ce qui étant fait, & l'entrée de la galerie bien bourrée, j'y mettrois le feu comme à une mine ordinaire; & je présume que l'effet s'en suivroit comme il s'en est suivi à l'épreuve de M. de Belidor. Mais, me dira peut-être quelqu'un, êtes-vous sûr que vos poudres s'allumant les unes après les autres, fassent l'effet que vous prétendez ? puisqu'à l'instant du feu des premieres, il restera au-delà le vuide de toute la galerie, & qu'aux moments où les autres s'allument successivement, il y aura déja une ouverture faite par les premieres. A cela je réponds, que, vu la vitesse avec laquelle le feu va d'un dépôt à l'autre, & le temps qu'il faut pour le détachement des terres & leur enlevement, il n'est pas douteux que le feu ne soit au cinquieme ou sixieme dépôt avant que la premiere excavation soit faite. De plus, l'air de la galerie comprimé par toute cette poudre qui s'enflamme presqu'au même instant, vaincra nécessairement les obstacles qui s'opposeront à sa dilatation; d'où s'ensuivra immanquablement l'enlevement des terres du dessus. Voilà, selon moi, la maniere la plus simple d'exécuter une épreuve pareille, & même d'en faire l'application dans le sérieux. J'omets tous les détails & les précautions qu'il y auroit à prendre en un cas semblable, puisqu'ils dépendent tous des circonstances dans lesquelles on se trouve.

M. de Belidor dit qu'au moment de l'effet, on ne seroit pas sûr à deux cents toises; ce qui marque qu'il y veut employer beaucoup de poudre.

Plus je médite sur ces choses-là, plus je vois qu'il s'en faut bien que nous soyons venus à une parfaite connoissance des effets de la poudre dans les mines. Il est encore là-dessus bien des choses à chercher & à trouver. Jusqu'ici on n'a fait que mettre de la poudre sous terre. Par-là on fait à-peu-près l'effet que

peut produire une certaine quantité de poudre cachée dans un trou ſous un glacis, ſous un rempart, peut-être auſſi dans la maçonnerie; mais a-t-on penſé à ce que l'on pouvoit ſe promettre de l'air. Je ſuis perſuadé qu'on tireroit bon parti d'une quantité d'air proportionnée à celle de la poudre qu'on mettroit dans une mine; mais il faudroit pour cela des épreuves de pluſieurs façons & dans toute ſorte de terrein; ce qu'il n'eſt permis de faire qu'à un grand Seigneur; & encore doit-il bien prendre garde, ſi le cas arrive, de n'employer à de telles épreuves que des gens capables d'en tirer le fruit que l'on auroit lieu d'en attendre.

Des mines de l'aſſiégeant & de la maniere de ſe conduire devant une Place forte par les contre-mines.

Je crois m'être expliqué aſſez nettement ſur les mines en général, & ſur-tout ſur les avantages d'une Place forte par les contre-mines. Il y a, ſans doute, encore bien des choſes à dire ſur ce ſujet, que je laiſſe aux gens du métier, à ceux qui ſont dans le goût de méditer ou de critiquer.

N'y auroit-il pas quelqu'équivalent entre les forces du dedans d'une Place & celles du-dehors? N'a-t-on rien fait juſqu'à préſent, & ne peut-on rien inventer pour ôter aux contre-mines, au moins quelque choſe de cette ſupériorité ſi grande qu'elles ont ſur les mines? Cela ſera difficile ſans doute, ſi les défenſeurs d'une Place bien contre-minée ſavent uſer de leurs avantages; mais on ne peut pas dire pour cela que la choſe ſoit impoſſible. Nous avons vu maintes fortereſſes priſes, quoiqu'avec de très-belles contre-mines. (1) Pourquoi n'en prendroit-on pas d'autres? la matiere eſt-elle ſi épuiſée qu'il ne reſte plus rien à trouver? Je ſuis ſûr du contraire. Ayant vu la marche des uns & des autres,

(1) La Citadelle de Tournay, Berg-op-Zoom, S***. &c.

tres, je vais, par ce qui s'eſt fait juſqu'ici, & parce que je juge qui pourroit encore ſe faire, établir quelques principes ſur la conduite que l'on doit tenir devant une Place forte par les contre-mines, en attendant que j'en faſſe l'application en d'autres endroits.

Premiere maniere de marcher ſur la capitale d'un ouvrage contre-miné.

PLANCHE IV.

Pour me ſuivre dans ce que je vais dire à ce ſujet, il faut avoir devant les yeux la Planche IV. La Figure premiere de cette Planche fait voir un glacis avec des galeries & des rameaux épars de contre-mines, qui s'étendent juſqu'à trente toiſes de la paliſſade. La Figure ſeconde fait voir une galerie en façon d'enveloppe crénelée ſous la contreſcarpe, d'où ſortent des rameaux & des branches de rameaux ſans beaucoup de ſymmétrie. Ceci, joint à un peu d'examen des Figures précédentes, montre qu'on peut aller ſous terre de mille façons différentes. Enfin, ce ſont toujours des fourneaux ſous un glacis auxquels on comunique par des galeries, des rameaux & des branches quelconques. Il s'agit donc de vaincre tout cet appareil, en allant à ſa rencontre avec des mines capables de le rendre inutile.

Suppoſons la troiſieme ou la quatrieme parallele A B, de l'aſſiégeant, au pied du glacis, & qu'en débouchant du centre pour marcher ſur la capitale, l'aſſiégé faſſe jouer ſous lui le fourneau C. C'eſt donc juſqu'ici, dira-t-on naturellement, que s'étendent les contre-mines de la Place. On couronne, ſi on le juge à propos, l'entonnoir de l'ennemi, & on s'y loge; ſinon on ſe retire dans la paralelle juſqu'à l'arrivée des Chefs du Génie, de l'Artillerie & des Mineurs, qui viennent pour reconnoître, concerter & décider entre eux ce qu'il y a à faire. (1)

(1) Il faut, en ces cas-ci, qu'il y ait plus d'harmonie qu'il n'y en a d'ordinaire dans

Il eſt alors fort naturel de conjecturer que ce fourneau C tenoit à quelqu'un des rameaux de la capitale. Ainſi il faut, ou s'en éloigner, ou l'attaquer avec des armes pareilles à celles qu'elle préſente. En s'en éloignant, pour marcher à droite ou à gauche, on ira donner indubitablement dans quelques contre-mines des côtés; d'où je préſume qu'à tous égards, le parti le meilleur ſeroit d'attaquer vivement par les mines, toutes les capitales du front de défenſe.

Sera-ce une mine que ceux de la Place auront fait jouer en C, ou ne ſera-ce qu'une ſimple fougaſſe, ſous laquelle il ſera reſté une mine? En ce cas, ceux qui s'y ſeroient logés n'auroient pas beau jeu; mais je ſuppoſe que connoiſſant à peu près la fortification de la Place & ſes contre-mines, ce ſoit un logement ſûr en-avant de la parallele, (1) & qu'on ne riſque rien de marcher par-deſſous ce logement jusqu'en D, au moins aſſez profondément pour n'avoir rien à craindre des bombes. Par-là on aura l'entonnoir D, où on ſe logera, de maniere qu'en allant de C en D, on ne ſoit pas vu des ouvrages collatéraux: ce qui eſt une des principales attentions que l'on doit avoir.

Que la profondeur de l'entonnoir D ſoit de douze pieds ſur vingt-quatre pieds de diametre, ce ſera déja un logement ſûr dont on pourra ſe ſervir, pour percer en même-temps deux rameaux, l'un vers E, pour gagner la capitale, l'autre vers F, au cas que l'on préſume avoir quelque choſe à craindre des con-

---

ces corps; ſans quoi on ne fait rien qui vaille. Pour peu que l'on y faſſe attention, on verra que la déſunion dans les corps provient toujours de quelqu'imperfection de leurs membres principaux.

(1) Des mines à trente toiſes du chemin couvert ne ſont pas communément fort près les unes des autres. Il eſt ſeulement à craindre que l'Ennemi ne les faſſe pendant le ſiege même, ſi on lui en donne le temps.

tre-mines de ce côté-là. Ayant fait sauter E, on s'y logera comme en D, qui empêcheroit de faire sauter en même-temps F, ne fut-ce que pour un bon logement de E en F, dont il est aisé de connoître l'utilité. Supposant E aussi proche du rameau de la capitale ou de quelqu'une de ses branches qu'il est ici marqué, il n'est pas douteux qu'une charge un peu forte ne les creve l'un & l'autre. De cette maniere, ayant atteint le rameau capital, *on y entreroit* comme le propose M. de Belidor, *on en chasseroit l'ennemi*, le plus loin que l'on pourroit; & avec une certaine disposition de poudre, on en changeroit, au moins, une bonne partie en Tranchée. Quel avantage ne seroit-ce pas, si l'on parvenoit à ouvrir ce rameau jusqu'à l'angle saillant du chemin couvert? mais, comme il est à présumer que le Contre-mineur s'y sera retranché, de maniere que le Mineur ne puisse y pénétrer, on se contentera d'ouvrir la branche depuis E jusqu'en H, pour avoir une belle Place d'armes à gauche de la capitale.

On percera après cela de E jusqu'en I, le plus près de la capitale qu'il sera possible, & successivement de I jusqu'en K & de K jusqu'en L, faisant sauter à mesure, pour avoir les entonnoirs I, K, L. S'il y a une galerie magistrale, le fourneau L l'aura crevé sans doute; sinon, on ouvrira depuis L jusqu'en M ou jusqu'en Y, pour avoir un bon logement & quelques cavaliers de Tranchée sur le glacis, avec des puits & rameaux d'écoute capables de les garantir de toute surprise, de quelque côté que l'Ennemi veuille la tenter. PLANCHE IV.

On peut calculer à-peu-près le temps qu'il faut pour venir avec les mines, du pied d'un glacis de trente ou trente-cinq toises de largeur jusqu'à l'angle saillant du chemin couvert; le tout avec les communications les plus aisées & les plus sûres qu'il est possible. Supposons, dans cet exemple, la marche d'un

point à l'autre sous terre, de huit toises, & l'ouvrage des Mineurs de douze pieds en vingt-quatre heures, (1) ce sera vingt jours pour arriver de C jusqu'en L; mais par rapport aux accidents quelconques qui peuvent arriver dans la suite de l'ouvrage, mettons-en vingt-quatre: car il n'est pas douteux que l'assiégé ne fasse tout ce qui sera dans son pouvoir pour arrêter les progrès de l'assiégeant.

PLANCHE IV. Je ne vois pas qu'il soit fort difficile de s'emparer du reste du rameau depuis L jusqu'à l'arrondissement du fossé. En ce cas, ou on le laissera tel qu'il est, pour servir de descente dans le fossé, s'il est assez grand pour cela, ou on l'ouvrira comme les autres, pour marcher delà vers N. Ensuite de N jusqu'en O, & de O jusqu'en P, le plus près du rameau à droite qu'il sera possible, afin de le crever à sa naissance, & d'être par-là maître de toute cette droite, de quelque maniere que ses branches s'étendent sous les terres. Alors on établira sûrement la batterie de brêche sur la crête du glacis; & l'on fera, si l'on veut, de cette batterie, un passage souterrein, en profitant du rameau depuis X jusqu'en P, pour gagner le fond du fossé. Il est naturel de faire d'ailleurs tout ce qui est nécessaire pour se couvrir des feux de la Place. On procede au passage du fossé & à son épaulement à la maniere ordinaire, dont j'ai déja parlé en quelqu'endroit, & dont je me propose de parler encore dans la suite.

Mettons douze jours, tant pour la batterie de brêche Q, que

(1) Ce qui est le moins que l'on puisse faire. J'ai vu devant S***. nos Mineurs faire dix-huit & vingt pieds, même dans une terre qui ne leur étoit pas des plus favorables. Il ne s'agit que de tenir la main à ce qu'ils ne négligent pas, & de les bien payer pour l'ouvrage qu'ils font. On a beau dire, ce n'est que l'intérêt qui fait agir les hommes, de quelque condition qu'ils soient.



pour les trois mines N, O, P, les uns & les autres devant, felon le cours ordinaire des chofes, fe faire en même-temps. Ce fera trente-fix jours qu'il aura fallu pour arriver du pied du glacis jufqu'au paffage du foffé. Ajoutons douze jours pour arriver avec les Tranchées jufqu'au glacis, & douze jours pour ce qui refte à faire jufqu'au corps de la Place; voilà deux mois bien comptés pour le fiege d'une Place forte par les contre-mines, (1) en fuppofant que l'on s'eft attaché en même-temps, au moins à trois capitales du front attaqué, avec autant de vigueur à l'une qu'à l'autre, quoique de manieres peut-être différentes. On fait comme les attaques doivent être combinées & liées enfemble pour qu'il ne leur arrive aucun accident; ce qui appartient plutôt à un traité de l'attaque des Places qu'à un effai fur les mines.

On peut juger que de telles entreprifes demandent des gens capables de les exécuter, qu'il faut pour cela des Artiftes, des Mineurs fur-tout, fur lefquels on puiffe compter. (2)

---

(1) Le fiege de Berg-op-Zoom a duré foixante-quatre jours de Tranchée ouverte, uniquement à caufe de fes contre-mines. Celui de S***. a duré autant, par la même raifon.

(2) J'ofe dire, après tout ce que j'ai vu jufqu'ici, que ce n'eft qu'au fervice de France où l'on peut faire ces chofes-là avec tout le fuccès qu'on a lieu d'en attendre, parce que c'eft un fervice dans lequel l'Officier Artifte eft traité avec diftinction, & qu'on ne le laiffe manquer de rien. Ce n'eft pas un particulier qui fait la befogne, ce font les corps. Otez à ces corps l'efprit qui doit les animer, vous leur ôtez toute leur force. Ce n'eft pas en rendant la condition d'un homme dure qu'on doit le plus efpérer de fes talents; c'eft le moyen au contraire de l'abforber, & d'en faire un automate. Où l'on fait ce que c'eft qu'un Artifte, on le diftingue d'un Officier ordinaire de l'armée; ceux-ci, pour la plupart, veulent être bridés; les autres veulent être libres. Quel eft le Pays où l'on met un fujet dans un corps d'Ingénieurs - - - - - - - - - - - ? tandis que c'eft par-tout un honneur & une récompenfe; mais auffi les examens rigoureux que l'on a à fubir avant d'y entrer, font qu'on n'y eft pas reçu fi aifément.

Matiere à Réflexion.

Je n'ai rien dit de la défenſe qui auroit pu ſe faire par les contre-mines, me réſervant de traiter plus amplement en un autre endroit, cette ſorte d'attaque & de défenſe.

La Figure ſeconde marque le profil du rameau R S T V, Figure premiere. La Figure troiſieme, celui des entonnoirs à droite de la capitale & dans le chemin couvert, comme on le voit par les lettres correſpondantes les unes aux autres.

Seconde maniere de marcher ſur la capitale d'un ouvrage contreminé.

PLANCHE IV.

La Figure quatrieme repréſente une galerie d'enveloppe crénelée avec des rameaux pouſſés indifféremment, & avec une eſpece de négligence ſous les terres du glacis. Je ſuppoſe ici les contre-mines plus profondes dans les terres que celles de la Figure premiere; par conſéquent les mines de l'aſſiégeant doivent être creuſées à proportion plus profondément. Celui-ci ne ſait abſolument rien de la diſtribution des contre-mines de la Place, ſi ce n'eſt qu'il y a une galerie d'enveloppe ſous la contreſcarpe, & que de cette galerie on a pouſſé des rameaux en divers endroits & en différents ſens. (1) En tout cas, le parti le plus ſûr & le plus avantageux pour lui, eſt de ne ſe pas éloigner de la capitale; mais plutôt de s'en ſervir pour directrice de ſon ouvrage, qu'il y ait une galerie au-deſſous ou non.

Soit A B, une des têtes de la Tranchée au pied du glacis, & C, une petite mine que l'Ennemi aura fait jouer un peu à gauche de la capitale. Cette mine marque qu'il y a quelqu'autre choſe deſſous. Ainſi l'aſſiégeant, pour aller plus ſûrement de A juſqu'en D, vers la capitale, fera un puits, comme nous l'avons vu précédemment, ou bien une deſcente par-deſſous le

(1) C'eſt le cas où nous nous ſommes trouvés devant Berg-op-Zoom, où il y avoit préciſément une enveloppe crénelée, avec des bouts de rameaux épars en divers endroits.

parapet de la Tranchée, pour arriver au point D, le plus profondément en terre qu'il sera possible : mettons-le à seize ou dix-huit pieds sous le glacis, son entonnoir aura trente-deux ou trente-six pieds de diametre, sur dix-huit ou vingt pieds de profondeur; ce qui, en le couronnant du côté de la Place, comme cela se fait ordinairement, fera déja un très-bon logement. Mais pour arriver à ce logement, ou bien on fera par zig-zag, une Tranchée de A jusqu'en D, ou bien on aura laissé une partie du rameau A D vuide, pour l'ouvrir en même-temps que la mine D; ce qui feroit une communication très-profonde, qu'il faudroit ensuite couronner, au moins du côté de la Place. (1)

De l'entonnoir D, on fera un rameau jusqu'en E, lequel E se trouvant à vingt-un pieds de profondeur, fera au glacis une excavation de quarante-deux pieds, dont le rameau de la capitale sera nécessairement crevé. Marchant, à peu-près de même, de E jusqu'en F, & de F jusqu'en G, le dernier entonnoir G se trouvera d'environ cinquante-six pieds de diametre, ce qui fera un magnifique logement à l'angle saillant de la crête du glacis. Les profondeurs des quatre mines D, E, F, G, sont ici en progression de trois, sur soixante pieds de chemin à faire sous le glacis; ce qui fait que le premier D étant à dix-huit

(1) Lorsque je parle de couronner une telle communication, ou même un entonnoir, je ne prétends pas qu'il faille absolument se servir de gabions pour donner à leurs levres plus de hauteur. Ceci suppose qu'elles en auront déja assez, & qu'il ne s'agit que de faire une ou deux banquettes au-dessous, pour pouvoir y mettre la garde, tandis que le fond servira de passage pour aller d'un lieu à l'autre. Ce feroit ici le cas de faire de belles épreuves, pour enlever les rameaux de points à autres, en même-temps que l'on feroit jouer les mines principales. Au reste, tout ce que j'avance là-dessus n'est fondé que sur l'autorité de M. de Belidor, & sur quelques epreuves auxquelles on donnera la valeur que l'on voudra.

pieds, le quatrieme G, en marchant toujours horiſontalement, ſera à vingt-ſept pieds. Pour avoir de bonnes communications d'un entonnoir à l'autre, il faut faire ſauter, autant qu'on peut, les galeries en même-temps que les mines. Diſons, comme je l'ai dit à l'occaſion de la Figure premiere, que toute cette ſuite de rameaux & de mines, depuis A juſqu'en G, ſoit l'ouvrage de vingt-quatre ou de vingt-cinq jours, même en ſuppoſant des obſtacles, des accidents, & quelqu'inégalité dans les terres, pourvu, toutefois, que ce ne ſoit ni roc, ni carriere, ni une quantité conſidérable d'eau, auquel cas il faudroit changer le projet, ſinon en tout, au moins en partie. Si l'on rencontre, chemin faiſant, quelques galeries ou rameaux de l'Ennemi, on s'en ſert pour ſe loger, comme je l'ai déja dit pluſieurs fois.

Mettons cinq jours pour arriver de G en H, le plus près poſſible de la galerie d'enveloppe, alors une bonne charge de poudre crevera néceſſairement cette galerie, comme il ſe voit au profil, Figure cinquieme: cela fait, on y entre & on en occupe le plus qu'on peut ; ou bien l'on y fait une ouverture pour y introduire des bombes, des caiſſes remplies de matieres combuſtibles, vis-à-vis deſquelles il ne ſoit pas poſſible de tenir, ſans riſquer d'être bientôt étouffé. (1)

Cependant ceux de la Place n'auront pas manqué de ſe retrancher dans leur enveloppe, au point I, pour couvrir le rameau

(1) A Berg-op-Zoom, nous jettâmes par des trous, dans la galerie d'enveloppe, des bombes remplies de matieres combuſtibles, &, pour ainſi dire, empoiſonnées. Auſſi les aſſiégés n'y reſterent-ils pas. Au dernier ſiege de S***., ceux de la Place chaſſerent de même notre Mineur de ſon rameau qui touchoit à un des leurs ; ce qui occaſionna une petite guerre ſouterreine, dans laquelle les nôtres eurent le deſſous.

meau collatéral à droite, avec lequel ils communiqueront, sans doute, par quelqu'endroit vers l'angle rentrant de la Contrescarpe : c'est pourquoi il est d'une très-grande conséquence à l'assiégeant de s'emparer d'abord de tout ce qu'il peut de la galerie d'enveloppe pour s'approcher du point I, qu'il ne seroit pas alors difficile de faire sauter, non plus que l'entrée du rameau I K, afin d'avoir tout l'espace G K, pour établir avec sûreté tel logement ou batterie que l'on voudroit. On juge bien qu'étant maître de ce rameau, on n'aura rien à craindre des mines qui pourroient venir de plus loin.

S'il n'étoit pas possible d'occuper l'enveloppe depuis H jusqu'en I, il faudroit marcher avec les mines le long du chemin couvert, comme dans la Fig. I[e]., & en ce cas, on feroit les chambres assez proches de l'enveloppe pour la crever à mesure que l'on avanceroit.

Que si la batterie de breche devoit être plus vers la Place d'armes, on seroit alors obligé d'aller toujours avec les mines jusqu'au point où l'on voudroit s'arrêter.

Reprenons encore une fois notre marche sous le glacis & le chemin couvert d'un front d'attaque, dont la Figure quatrieme n'est qu'un échantillon, mais qui, pour les connoisseurs, sert autant qu'un grand plan le mieux développé, où l'on marcheroit sur trois capitales en même-temps. Nous avons été de A en D, nous aurions pu aussi partir de B, de l'autre côté, pour être plus sûrs de notre objet; mais ce qui suppose assez de Mineurs pour les attacher en même-temps à plusieurs endroits de chaque attaque. J'ai marqué tout simplement les entonnoirs D, E, F, G; mais je n'ai pas dit que je ne puisse pas faire dans chacun deux emplacements de Mineurs, dont l'un serve d'écoute à l'autre, comme aussi pour faire sauter à gauche, si l'on ne peut faire sauter à droite. On doit naturellement s'attendre à PLANCHE IV.

voir quelques bouts de logements endommagés, quelques Mineurs étouffés dans leurs rameaux; ce qui fait une partie des obstacles que nous avons déja supposés. Mais on répare autant que l'on peut, le dommage fait, & on prend des mesures pour prévenir d'autres accidents. Enfin, avec de la résolution, de la patience & de bons Mineurs, on fait tant, que l'on vient à bout de ses desseins. Et je puis dire, s'il m'est permis de me servir de l'expression de M. de Valiere, qu'en tout ceci, je n'avance rien qui ne soit fondé sur *une théorie expérimentée.*

La maniere dont les rameaux & leurs branches sont jettés dans les Figures premiere & quatrieme, marque qu'on peut marcher en tout sens sous le glacis, & qu'il n'est nullement aisé à l'ennemi d'en avoir connoissance, à moins qu'il n'en ait un Plan bien exact. Supposons qu'il trouve un bout de galerie ou de rameau sous la capitale, il s'imaginera, sans doute, que le souterrein se continue droit à la contrescarpe, & il se trompera, parce que le souterrein fera un détour à droite ou à gauche, pour faciliter l'emplacement de quelques mines aux côtés; ce qui est bien capable de désorienter le Mineur, qui croit être le plus sûr de son objet.

Enfin, les choses peuvent avoir des points de vue si différents, qu'il est presqu'impossible de s'en faire des regles particulieres. Tout ce qui peut être prescrit en général, dans une matiere comme celle-ci, c'est de marcher le plus avant qu'il est possible sous terre, tant que le contre-mineur ne se fait point entendre; mais sitôt que vous entendez travailler à une certaine distance devant ou à côté de vous, chargez bien vîte votre mine, si elle est en état, & faites-la jouer d'abord, de peur d'être prévenu par votre ennemi, qui par-là sera écrasé dans son trou. Peut-être vous faudra-t-il alors quelques fourneaux de plus; mais

auſſi vous aurez à proportion plus de logements. Sur-tout ne ſoyez pas ſi prompt à vous loger dans les entonnoirs des contremines de la Place qui auront joué près du chemin couvert, crainte que l'Ennemi n'y ait une diſpoſition de fourneaux propres à faire ſauter pluſieurs fois le même endroit. (1) Ce n'eſt pas qu'il faille pour cela des mines, les unes plus hautes, les autres plus baſſes; il ſuffit d'en avoir les unes près des autres, & de les charger à raiſon de l'effet auquel on les deſtine. (2) Prenez bien garde de faire ſur-tout, autant que vous pourrez, vos logements dans vos propres entonnoirs, & de laiſſer dans vos communications le monde qu'il faut pour les garder. Ces communications, ſuivant ce que j'en ai dit, ſeront aſſez larges & aſſez profondes pour que le fond ne ſerve que pour le paſſage des Mineurs ou autres, qui vont d'un entonnoir à l'autre. La garde reſte toujours ſur les banquettes au-deſſus. (3)

On ne peut guere, je crois, embraſſer plus de détails, ſans

(1) A Berg-op-Zoom, on mit dans un entonnoir de l'Ennemi quelques Grenadiers qui ſauterent bientôt après; mais, par bonheur pour eux, comme ce n'étoit qu'un ſable mouvant que la mine enleva, il ne périt que ceux qui ſe trouverent précisément ſur *la mine*.

(2) J'ai marqué précedemment, dans une note, la maniere dont il a été éprouvé de faire ſauter ſept fois le même point, par le moyen de ſix fourneaux qui environnoient un ſeptieme. Il peut ſe trouver quelques fourneaux proches les uns des autres qui faſſent le même effet.

(3) Qu'on ſe repréſente une longue excavation de quinze ou vingt pieds de profondeur, large par en-haut de trente ou quarante pieds; ce qui feroit de chaque côté une rampe ſur l'angle, à-peu-près de quarante-cinq degrés; & c'eſt au haut de cette rampe que doivent ſe faire les banquettes, y ayant certainement aſſez de terre pour cela. On a ſoin naturellement d'y conſerver la profondeur qu'il faut pour n'être point expoſé à l'enfilade. S'il faut y faire des traverſes, on les y fait, ainſi que les autres banquettes que l'on juge néceſſaires. Il faut ſeulement bien prendre garde que les plus hautes banquettes ne ſoient ni enfilées, ni vues de revers.

entrer dans des raiſonnements compliqués & diffus, qui, au-lieu d'éclaircir la matiere, ne feroient peut-être que l'embrouiller davantage. Ceux qui ſe trouveront dans le cas de miner ou de contre-miner, auront vraiſemblement leurs inſtructions & leur objet avec toutes ſes circonſtances. Ici l'on ne peut guere parler des choſes que généralement; lorſqu'on eſt à l'ouvrage, on entre dans tous ſes détails & ſes particularités.

Quelqu'un me dira qu'il m'eſt aiſé d'écrire & de peindre tout cela, comme je veux ſur le papier, n'ayant rien à craindre du canon, ni des mines de la Place; qu'on peut faire tout ce que l'on veut, en ſe ſouſtrayant aux difficultés que préſente un ſujet comme celui-ci; mais je répondrai à ceux qui me feront des objections auſſi vagues, que, dans un ouvrage de cette nature, on ne peut guere rapporter que ce qui eſt généralement, ce qu'on fait ~~avoir été, & ce que l'on~~ juge pouvoir être. Je ſuis parti de ces trois points pour arriver à quelques principes généraux, dont il eſt libre à chacun de faire l'uſage qu'il voudra, relativement aux mines. (1)

J'ai expoſé les avantages de l'aſſiégé, s'il ſait uſer de ſes contre-mines. J'ai propoſé quelques moyens de vaincre les obſtacles de peu de conſéquence, qui ſe rencontreroient dans la ſuite des attaques d'une Place contre-minée; les obſtacles principaux étant les contre-mines elles-mêmes, il faut donc tâcher, par toutes ſortes de moyens, de les rendre au moins inutiles. Ce n'eſt pas que

---

(1) Je prévois quelques objections ridicules des gens à qui mes idées ne plairont peut-être pas, entre autres les difficultés qu'ils imagineront dans l'exécution; mais, ou ces objections ſeront fondées, ou elle ne le ſeront pas; ſi elles ſont fondées, qu'ils cherchent eux-mêmes, & qu'ils uſent de moyens meilleurs que ceux que je propoſe; & ſi elles ſont deſtituées de fondement ſuffiſant, ce n'eſt pas la peine d'y répondre.

je prétende que l'on doive marcher ſous la terre ou par-deſſus, précisément comme je l'ai marqué ; mais au moins peut-on s'en ſervir comme de guide, ſi l'on n'en a pas d'autres meilleurs à ſuivre. Qu'on aille après cela par le grand chemin ou par des ſentiers qui menent au but, pourvu que l'on y arrive, cela ſuffit. C'eſt à ceux qui s'y trouvent le plus intéreſſé à faire ce que leur génie leur dicte, tant pour leur ſûreté propre, que pour l'avancement de leur beſogne & le bien du ſervice en général & en particulier.

J'ai jugé que l'extrait ſuivant ne déplairoit pas aux jeunes gens amateurs de tableaux vifs & frappants ; comme celui-ci m'a paru l'être, par rapport aux avantages réels que les défenſeurs d'une Place contre-minée ont ſur les aggreſſeurs.

EXTRAIT d'un Livre intitulé : Nouveau Syſtême de la Maniere de défendre les Places par le moyen des Contre-mines, &c.

» UN aſſiégeant, dit l'Auteur de ce Syſtême, qui procede » par ſapes & par mines, empiete ſur les droits naturels de » l'aſſiégé. Ce ſeroit à lui de prendre cette voie. Tout bien » conſidéré, il n'y en a preſque point d'autre. " *L'Auteur a bien fait de mettre ce* preſque. » Au-lieu d'épuiſer ſa garniſon par des » ſorties ſouvent plus braves que ſages & meſurées ſur ſes for- » ces, il doit plutôt s'enterrer. Lorſque l'Ennemi vient à lui » par des Tranchées, il doit aller à lui par des ſapes ; & s'en- » foncer de vingt pieds, ſi l'autre s'enfonce de dix. " *L'Auteur ſuppoſe, ſans doute, un terrein propre à tout ce que l'on veut,*

qu'on est toujours maître de disposer de dix pieds plus ou moins de profondeur sous terre. » La maniere étant, dans un siege, que » celui qui a le dessous est toujours maître de celui qui a le dessus; *l'Auteur auroit du dire que l'assiégé a beaucoup davantage sur son Ennemi, & non qu'il en soit le maître.* » Trois hommes qui vont » sous une Tranchée faire sauter une batterie ou déconcerter » des Travailleurs, valent mieux que des Bataillons qui sortent » sur une Tranchée avec le plus de résolution & de fracas." *L'Auteur, dans son enthousiasme, présume qu'on laisse venir ainsi ces trois hommes. Pour moi je suis d'avis qu'une sortie faite à propos & bien conduite, est plus capable de déranger une Tranchée, que deux ou trois fourneaux qui ne font que leurs trous & jettent un peu de terre en l'air. Qu'on envisage les suites des unes & des autres, on y trouvera bien de la différence.*

» Qu'il me soit permis, continue l'Auteur, de m'étendre un » peu sur cet article, & de dire ce que j'ai appris par une voie » ou par une autre : car apparemment je ne l'ai pas deviné, ni » même imaginé." *Quel pitoyable préambule! Que ce soit l'Auteur qui parle, qui devine ou qui imagine, n'est-ce pas tout un, pourvu que les choses soient bien imaginées & bien dites.* » Il me pa» roît donc que la contre-mine est le seul champ de Bataille où » l'assiégé se bat de pair, & même avec une grande supériorité » sur l'assiégeant. Par-tout ailleurs, l'assiégeant l'emporte, quel» qu'égalité qu'on ait mise jusqu'à présent dans l'attaque & la » défense des Places.

» Quoi qu'il en soit, l'avantage de l'assiégé paroît incontestable » dans les contre-mines. Voici l'analyse de tout ce qui est venu » jusqu'à moi, par la lecture des Livres & par la connoissance de » M M. de Lorme & du May, deux des plus habiles Mineurs de » France, sans contredit, qui ont bien voulu m'en instruire.

» 1°. L'assiégeant y perd tout son avantage du nombre, » c'est-à-dire que c'est-là, où un, deux ou trois hommes, » deux ou trois Mineurs, deux ou trois Travailleurs, représen- » tent une armée, qui, hors delà, se trouve de cinquante » ou de soixante mille hommes. " *Autrefois cela étoit ainsi. A présent on fait des sieges de la plus grande importance avec sept ou huit mille hommes. On sait, par expérience, ce qui en est resulté, le temps nous apprendra ce qui en résultera encore dans la suite.*

» 2°. L'assiégé, au contraire, y recouvre un avantage que » réellement il n'a pas; il oppose sans difficulté le même nom- » bre; &, si les contre-mines sont préparées d'avance, il en » oppose un plus grand.

» 3°. Que le Mineur soit tué ou écrasé dans son trou, il ne » sera pas remplacé de suite, comme le Contre-mineur, par- » ce qu'on va dans la contre-mine à couvert, & comme de » plein pied, au-lieu que le chemin de la mine est plein de » bien des écueils, lors même qu'il est le mieux épaulé.

» 4°. Parlons clair. Chacun est le maître chez soi. Or l'as- » siégé dans la mine est chez soi, & l'assiégeant est tout-à-fait » en Pays ennemi. On est bien fort quand on est sur son pro- » pre terrein, & bien foible, lors qu'on est sur un terrein, » non-seulement étranger, mais même ennemi déclaré. " *C'est-à-dire qu'on y est foible, lorsqu'on ne sait pas se servir des moyens de s'y rendre fort & respectable. Ainsi vont les choses dans ce monde. La foiblesse des uns fait la force des autres.*

» 5°. Tout contribue à augmenter cette force d'une part, & » cette foiblesse de l'autre. D'abord l'imagination seule met une » différence essentielle entre le Mineur & le Contre-mineur. Elle » remplit celui-ci de confiance & de sang froid, tandis qu'elle

» oppose à celui-là, mille fantômes, mille monstres à combat-
» tre; & l'homme qu'on croit voir est toujours plus formidable
» que celui que l'on voit. On combat mal des hommes, lorf-
» qu'en même-temps on a tant de chimeres à combattre." *Tout cela seroit vrai, dans la supposition que les uns perdent, & que les autres conservent toujours leur sang-froid.*

» 6°. Après tout, cette peur n'est pas déja si mal fondée de
» la part du Mineur. La crainte est fille de l'incertitude, & l'in-
» certitude l'est de l'ignorance. L'assiégé a beau jeu pour faire
» le brave, & pour l'être. Il connoît tout le terrein où il est,
» tandis que le Mineur a le malheur d'en faire à chaque pas la
» découverte à ses risques. Ce n'est que la grande analyse des
» choses qui nous les fait connoître dans toute leur étendue &
» dans toutes leurs circonstances: car on ne connoît guere ce
» que l'on ne connoît qu'en gros. On me permettra donc de
» pousser plus loin le développement d'une vérité que je crois
» des plus essentielles dans cette matiere, & qui, au reste, est
» la clef du Livre dont je donne ici une espece de supplément."
Je ne sais de quel Livre l'Auteur veut parler; car il n'entend pas sûrement celui duquel j'ai fait cet extrait.

» 7°. Le Mineur travaille d'une main, de l'autre, il attaque où
» il se défend, c'est-à-dire qu'il ne travaille & n'attaque qu'à
» demi. Non-seulement ses mains sont divisées, mais tous ses
» sens sont partagés. De l'œil il suit son travail, si toute fois
» il y a du jour qui perce de si épaisses ténebres. De l'oreille
» il se rend attentif au travail du Contre-mineur qu'il entend
» quelquefois, & crois toujours entendre. L'assiégé qui est dans
» la contre-mine, a l'usage de toutes ses forces, de tout son esprit."
Il ne lui manque le plus souvent que d'en faire usage.

» 8°. Le Mineur est accroupi, à genoux, gêné, froissé, em-
» barrassé

» barraſſé de ſa perſonne, quand il n'y auroit qu'à s'y tenir ſans » rien faire : il eſt ſur ou ſous un terrein mouvant, fragile, capricieux, qui l'épuiſe par ſa ſolidité, l'enſevelit par ſa fragilité, l'inonde par ſon humidité, ou l'étouffe par ſa pouſſiere : en un mot, dans un terrein inégal, où, à chaque coup » qu'on donne, on eſt incertain de l'événement, ayant à craindre à chaque inſtant d'y être pris comme au trébuchet. Une » choſe qui me ſurprend, eſt qu'on trouve des Mineurs, qu'on » conduiſe un pareil ouvrage juſqu'au bout, avec la facilité que » les Contre-mineurs ont de l'empêcher : car enfin, le pauvre » Mineur rampe & ſe traîne dans ſon trou avec aſſurément moins » de facilité qu'un ver dans le ſien. L'aſſiégé peut l'attendre de » pied ferme, le voir venir, & le faire périr, dès qu'il eſt à » portée, ſuppoſé que la Place ſoit contre-minée d'avance ; & » ſi elle ne l'eſt pas, il n'eſt pas difficile, avec un peu de recherche & de travail, de s'aſſurer du lieu où travaille le Mineur ennemi, & d'aller à lui, ou de ſe mettre à portée de » l'attendre ; ce qui eſt le mieux, parce que c'eſt l'affaire du » Mineur d'avancer. On peut donc lui en laiſſer faire tous les » fraix, ou du moins les trois quarts du chemin. Lorſqu'on » ſent ſur-tout qu'il eſt près, & qu'il donnera bientôt dans » la contre-mine, on peut l'attendre au débouché, & le » ſaiſir dans l'inſtant même qu'il paroît par la plus petite ouverture.

» Enfin, l'aſſiégé a tant d'avantage ſur l'aſſiégeant dans les » combats ſouterreins, que ma ſurpriſe eſt que l'on puiſſe prendre une Place par la ſape & par la mine. Il eſt vrai que communément c'eſt par-là qu'on les a toutes priſes dans les dernieres guerres, & c'eſt preſqu'un axiôme en ce genre, qu'une » Place eſt priſe dès que le Mineur y eſt attaché, dès que le

» fossé est passé, & souvent même dès que le chemin couvert » est emporté, (1) &c.

Premiere épreuve du globe de compression par M. de Belidor.

PLANCHE IV.

Je vais parler d'une sorte de mines qui n'a jusqu'ici été mise en usage qu'au dernier siege de S***., *le Globe de compression.* Cette dénomination a par elle-même quelque chose d'imposant; & tant qu'on n'a pas su ce que c'étoit, on s'en est fait des idées

---

(1) La suite n'est plus qu'un galimathias au sujet de la défense des dehors, préférable à celle du corps de la Place, & réciproquement. Quoique les articles ci-dessus fassent un tableau assez vrai de ces choses-là, cependant, si tout étoit comme l'Auteur le dépeint, une Place contre-minée seroit imprenable; & il s'en faut bien que cela soit, selon les expériences que nous en avons. Peut-être y aura-t-il dans la Place, des Mineurs qui n'auront jamais miné, & dehors de vieux routiers qui iront leur chemin sans balancer. En un mot, toute cette guerre entre Mineurs & Contre-mineurs, ces saisissements, ces pistolets, ces camouflets, ces lances à feu empoisonnées ont bien quelque chose de spécieux & de terrible en apparence; mais il s'en faut beaucoup que cela arrive à chaque moment. Ce que le Mineur à le plus à craindre véritablement, c'est d'être enterré vif dans son rameau, si le Contre-mineur vient à faire jouer quelque fourneau à portée de lui. Il en est donc des Mineurs, comme des Sapeurs; il faut qu'ils connoissent le danger, pour le prévenir ou pour y remédier à l'instant même. S'il est nécessaire d'avoir dans une armée beaucoup de Sapeurs, il n'est pas moins nécessaire d'y avoir des Mineurs à proportion, & à la tête des uns & des autres, des gens qui sachent les mener. Mais lorsque je verrai des Sapeurs qui n'ont jamais sapé, des Mineurs qui n'ont jamais miné, on me pardonnera de n'avoir pas la meilleure opinion de leurs entreprises. J'ai eu de tels Sapeurs au siege de S***., choisis des plus mauvais sujets des compagnies; aussi n'ai-je jamais pu m'en servir, & tout l'ouvrage, chose inouie, s'est fait à découvert jusqu'à la brèche. Nous avions quelques bons Mineurs qui ont péri; mais il s'en falloit beaucoup que nous en eussions assez pour un tel siege. Les Officiers sur-tout nous manquoient: car il n'y en avoit qu'un, & un bas Officier qui fut fait Officier dans l'action même. Autre chose est de remuer la terre, de maçonner des galeries & des rameaux en pleine paix; autre chose est de faire la petite guerre sous terre, ainsi que nous venons de la dépeindre. Quel bien ne feroit-ce pas pour le service, d'avoir de bonnes compagnies de Sapeurs & de Mineurs exercés pour servir à toute main?

Matiere à réflexion & à exécution.

tout-à-fait chimériques, (1) quoique ce ne soit, en effet, qu'une grande mine, avec une galerie ou un rameau ordinaire. Je ne sache pas qu'il s'en soit fait jusqu'ici plus de deux épreuves, l'une en 1753 dans une terre de M. le Maréchal Duc de Belle-Isle, en Normandie, qui est celle dont je vais parler, (2) & l'autre en 1754, à Potsdam, en présence du Roi.

---

(1) Lorsque cette épreuve fut annoncée au public, pour la premiere fois, elle étonna même les plus expérimentés dans le métier. Je sais que plusieurs Ingénieurs voulurent en chercher théoriquement la cause & l'effet. Je me souviens même que, dans ce temps-là, un Général, M. de F., habile homme d'ailleurs, me fit voir là-dessus des dessins qu'il avoit fait faire, où, pour crever des galeries souterreines jusqu'à quarante-deux pieds de distance du centre du fourneau du globe, il avoit imaginé de mettre la poudre à quarante-deux pieds de moindre résistance sous terre. *C'étoit vouloir agir bien sûrement;* mais je pris la liberté de lui dire qu'il falloit, avec douze pieds de moindre résistance, crever les galeries & les rameaux au moins jusqu'à quarante-huit pieds du centre des poudres. Il plia là-dessus ses dessins, & ne dit plus mot.

(2) L'épreuve que je rapporte de M. de Belidor, se fit en 1753, en présence du Ministre de la guerre, M. le C. d'Argenson, de plusieurs personnes des plus distinguées de la Cour & de l'armée, comme aussi de quelques Officiers principaux des corps des Mineurs, de l'Artillerie & du Génie, qui dûrent faire à ce sujet des procès-verbaux; c'est-à-dire qu'ils dûrent exposer, chacun séparément, ce qu'ils en pensoient, & les conséquences qui pouvoient en résulter: mais comme M. de Belidor avoit dans le Corps du Génie & de l'Artillerie, plus d'ennemis que d'amis, *j'entends des ennemis par jalousie de métier, à cause d'une vieille querelle qu'il eut autrefois avec M. de Valiere, au sujet de la charge du canon & des bombes, dans un temps où M. de Valiere étoit regardé comme un phœnix; ce qui lui fit ôter son emploi de Professeur de Mathématique à l'école de la Fere;* les sentiments se trouverent partagés, & la nouvelle invention ne prit que chez ceux qui jugent des choses sainement, avec connoissance de cause, & sans partialité. Je ne sais que superficiellement les raisons qui furent apportées de part & d'autre; ainsi je me contenterai de rapporter tout simplement ce que M. de Belidor m'a écrit lui-même touchant son épreuve: sur quoi j'ai fait le Plan, Fig. 6.

Extrait d'une Lettre de M. de Belidor au sujet du Globe de compression. A Paris, ce 11 Mars 1754.

Après avoir fait mention, comme il a

PLANCHE IV. Comme le plan de l'épreuve de M. de Belidor, Fig^{e}. 6e, n'a été fait que sur le rapport noté ci-dessous, j'espere qu'on n'exigera pas de moi d'entrer dans de plus grands détails qu'il

---

été noté plus haut, du second objet de ses épreuves, qui est de tourner subitement les contre-mines contre la Place même, M. de B. ajoute : » Le premier objet de » mes épreuves est de se faire jour par» tout, par le moyen du globe de com» pression, qui détruit & anéantit tous les » ouvrages avancés, renverse les contres» carpes dans le fossé, sans en approcher » que de douze ou quinze toises, & de » s'emparer du chemin couvert le mieux » contre-miné, sans aucune action sangui» naire, & quelquefois de la Place mê» me, comme il y en a un nombre en Eu» rope dans ce cas-là.

» Ce que les nouvelles ont publié à cet » égard, n'a rien qui approche du but, » personne n'en ayant eu une parfaite » connoissance, pas même les Officiers » Généraux & les Capitaines de Mineurs » que M. le Comte d'Argenson y avoit » appellés. J'ai hésité long-temps pour sa» voir si je m'expliquerois sur une ma» tiere aussi importante : car j'ose dire que » depuis l'invention de la poudre, on » n'en a point fait usage d'une maniere » aussi efficace. C'est pourquoi j'ai fait » part à M. le C. d'Argenson des questions » que vous me faites dans votre lettre, » MONSIEUR, pour lui demander la per» mission d'y répondre, ce qu'il m'a ac» cordé de fort bonne grace, ne desirant » rien avec plus d'ardeur que de contri» buer à la satisfaction de Sa Majesté le » Roi de Prusse, dont il préviendra tou» jours les desirs, &c.

» Voici, MONSIEUR, la réponse à vos » questions.

» 1°. La ligne de moindre résistance du » fourneau du globe de compression, étoit » de douze pieds, prise du centre des » poudres.

» 2°. Le fourneau étoit entouré de » quatre galeries contiguës, formées sur » un plan incliné de six pieds, c'est-à-dire » que le rez-de-chaussée alloit ensemble à » six pieds d'inclinaison, depuis l'entrée » de la premiere galerie, jusqu'à la sor» tie de la quatrieme, afin qu'il s'en ren» contrât au-dessus & au-dessous du cen» tre du fourneau. Elles avoient toutes six » pieds de hauteur & une profondeur » moyenne de quinze pieds, sur trois de » largeur; les unes bien revêtues de ma» çonnerie, & les autres en bois seule» ment, dans un terrein de tuf fort dur & » par-tout homogene.

» 3°. Il y avoit, de plus, une galerie » qui passoit diagonalement sous le four» neau, à quatorze pieds de distance, » pour voir si la poudre feroit son effet » autant en-dessous qu'en-dessus. *Il est probable que cette galerie alloit de D en B comme elle est ponctuée en la Fig. 6.*

» 4°. Des quatre galeries, la premiere » étoit éloignée de vingt-quatre pieds du

n'est entré lui-même ; & d'ailleurs la chose me paroît expliquée assez clairement. Je n'ai point fait non plus de profil de

» centre du fourneau, *comme celle de A en* » *B*. La seconde, *de B en C*, de trente pieds. » La troisieme, *de C en D*, de trente-six » pieds ; & la quatrieme, *de D en A*, de » quarante-deux pieds.

» 5°. Le fourneau devoit être char- » gé, selon mon principe, de trois mille » six cents livres seulement, pour mé- » nager des maisons qui étoient fort près. » J'avois annoncé que toutes les galeries » seroient crevées par la compression que » la poudre feroit dans le terrein, & que » l'entonnoir auroit soixante-six pieds de » diametre ; ayant mis le feu au fourneau, » il forma un entonnoir de soixante-sept » pieds de diametre parfaitement bien » nettoyé, sur dix-sept pieds de profon- » deur.

» 6°. La premiere galerie, éloignée de » vingt-quatre pieds, a été crevée sur toute » sa longueur, quoiqu'elle fût fort bien » maçonnée, & qu'elle eût douze toises. » La seconde, à trente pieds de distan- » ce & de dix toises de longueur, a été » crevée sur la longueur de huit toises. La » troisieme, éloignée de trente-six pieds, » longue de douze toises, a été crevée » dans le milieu sur la longueur de neuf » toises. La quatrieme, éloignée de qua- » rante-deux pieds, a été crevée sur la » longueur de huit toises, de dix qu'elle » en avoit ; & celle qui passoit sous le » fourneau, qui avoit quatorze toises, » a été crevée sur la longueur de dix toi- » ses.

» 7°. L'on tire de cette épreuve deux » conséquences également essentielles. La » premiere, que la quatrieme galerie eût » été crevée, si elle s'étoit trouvée à qua- » rante-huit pieds, au-lieu de quarante- » deux ; la seconde, que celle qui passoit » sous le fourneau, auroit été également » crevée, si elle avoit été à trente-huit » pieds plus basse que le fourneau, au-lieu » de quatorze, c'est-à-dire, à cinquante » pieds de profondeur sous l'horison ; ce » qui se démontre parfaitement à l'aide » des Figures.

» 8°. L'on conclut, en suivant les mê- » mes principes, que le fourneau étant » chargé convenablement, il crevera des » galeries de mines au quadruple de la » ligne de moindre résistance : alors le » diametre de l'entonnoir sera sextuple ; » c'est-à-dire que si le fourneau avoit eu » trois mille six cents livres de poudre, » il eût crevé à la ronde des galeries à » quarante-huit pieds, & que l'entonnoir » auroit eu soixante & douze pieds de » diametre, au-lieu de vingt-quatre, se- » lon le préjugé ordinaire, & même » moins, selon ce même préjugé, qui est, » que plus une mine est chargée au-dessus » de ce qu'elle doit être, plus l'entonnoir » est au-dessous du double de la ligne de » moindre résistance ; au-lieu qu'il arrive » le contraire, comme je l'avois annoncé » nombre d'années auparavant, dans une » nouvelle théorie des mines, qui com- » prend toutes les recherches que l'on

cette Figure, dont on peut aisément se faire une idée en voyant la Figure 7e., faite à-peu-près à l'imitation de celle de M. de Belidor.

Epreuve du globe de compression faite à Potsdam devant le Roi en 1754.

PLANCHE IV.

Voici, Figure 7e, l'épreuve du globe de compression que j'ai fait par ordre du Roi en 1754. Comme le terrein dans lequel j'ai travaillé n'étoit qu'un sable mouvant, j'ai jugé qu'un semblable terrein seroit à la vérité plus susceptible de compression que celui de tuf, dans lequel M. de Belidor a fait son épreuve; mais j'ai jugé en même-temps que la ligne de résistance résisteroit moins à proportion dans le sable que dans une terre dure & homogene : c'est pourquoi je me suis déterminé à mettre le centre de mes poudres à quinze pieds sous terre, au-lieu de douze, comme avoit fait M. de Belidor. (1) Mon fourneau n'étoit environné que de trois galeries, dont une à vingt-quatre pieds du foyer de la mine, ~~une à trente-deux pieds~~, & la troisieme à quarante-deux pieds : toutes les trois formant ensemble trois côtés d'un quarré long. J'avois, outre cela, à trente-six pieds de profondeur sous terre, une quatrieme galerie, dont le ciel se trouvoit précisément à seize pieds sous les poudres. Elles avoient toutes cinq pieds de hauteur sur trois de largeur dans œuvre. (2)

Le terrein dans lequel je travaillois, alloit en inclinant de cinq pieds trois pouces sur cent pieds. Les galeries des côtés avoient chacune cent & deux pieds de longueur. Celle d'en-haut n'en avoit que soixante, & étoit à la profondeur de vingt pieds. Elle

» peut faire sur ce sujet, que je puis dire » n'avoir point encore été connues jusqu'ici.

(1) M. de Belidor m'écrivit là-dessus : » Vous avez pensé fort judicieusement de » placer votre fourneau à quinze pieds de » profondeur, au-lieu de douze, vu le peu » de consistance du terrein."

(2) En cela il est évident que mes galeries étoient beaucoup plus fortes que celles de M. de Belidor, qui avoient six pieds de hauteur.

étoit horisontale sur la longueur de soixante & dix pieds, après quoi elle remontoit un peu sur celle des trente-deux pieds restants, jusqu'à l'entrée pratiquée dans un fossé fait en guise de Tranchée : c'est-à-dire, comme on le voit au profil, Figure 9e, qu'on entroit par le fossé C, dans la galerie, où l'on descendroit jusqu'en X, pour marcher ensuite horisontalement & en ligne droite jusqu'au puits b. La galerie à gauche, aussi de cent & deux pieds de longueur, n'étoit qu'à seize pieds de profondeur du côté du puits, & par-tout de niveau jusqu'à son entrée dans le fossé. Enfin, j'avois fait la disposition des trois galeries pour avoir des différentes hauteurs de terre en tout sens & de tout côté.

La Figure 8e. marque le profil de la petite galerie A B, Figure 7e., avec les puits de chaque côté, chacun suivant sa profondeur. NB. Que j'avois fait faire dans chaque puits un petit escalier de bois, pour monter & descendre d'une galerie à l'autre. PLANCHE IV.

La partie F g, Figure 11e., marque le profil de la galerie la plus profonde sous le fourneau du globe.

A l'exception d'une partie de la galerie B C, maçonnée & voûtée à plein ceintre depuis B jusqu'en D, tout le reste étoit coffré de bois, à cause du terrein sablonneux dans lequel j'ai déja dit que j'étois obligé de travailler.

Tout ceci n'étoit que pour représenter des contre-mines, telles à peu-près qu'elles sont devant une Place. Il falloit, en outre, une mine dans le milieu, pour les détruire, sinon en tout, au moins en très-grande partie ; ce qui étoit le véritable objet de l'épreuve : & c'est cette mine que l'on appelle *le Globe de compression.* J'avois fait en sorte qu'on y arrivât par un rameau ordinaire plus bas & plus étroit que les autres, lequel avoit aussi

son entrée dans le fossé. La chambre de mines qui tenoit au retour le plus avancé de ce rameau, formoit un cube de quatre pieds & quelques pouces dans œuvre, comme il se voit à la lettre K des Figures 7e. & 10e. NB. Que dans la Figure 10e. h, marque en profil l'entrée du rameau ; i, son retour le plus avancé dans les terres, & K, la chambre de mines. Je dis i, le retour le plus avancé dans les terres, pour le distinguer de l, & de son fourneau m, représentés L, M, dans la Figure 7e. ; j'avois mis ce fourneau à trente pieds du grand, & à-peu-près à la même profondeur, voulant voir ce qui en feroit, après que la grande mine auroit joué. Il étoit probable que, quoi qu'il en fût, la poudre du petit fourneau ne s'anéantiroit pas, non plus que celle de son sauciſſon, à moins que le feu ne prît en même-temps aux deux mines ; mais j'avois pris mes mesures pour que cela n'arrivât pas. Nous ~~verrons bientôt ce qui~~ en résulta. (1)

Je fis donc mettre la poudre destinée pour la grande mine dans une caisse cubique d'environ quatre pieds ; les morceaux rapportés dont elle fut faite, s'ajusterent très-bien dans la chambre préparée pour les recevoir. (2) Je chargeai mon fourneau de trente

(1) M. de Belidor n'a pas fait ce supplément d'épreuve, qui pourtant lui auroit été essentiel, à cause des objections qu'on auroit pu lui faire, & auxquelles il me semble qu'il auroit dû s'attendre.

(2) Voici ce que M. de Belidor m'écrivit à ce sujet, dans une lettre du 27 Avril 1754. » L'on peut, pour ne point anticiper sur le ciel du fourneau, faire des » coffres plats, ayant pour base un » quarré ; en sorte que la hauteur ne soit » que moitié ou quart du côté du quarré, » & faire le pourtour par morceaux en » forme de chassis, pour les poser les uns » sur les autres, à mesure qu'on les remplit de poudre. Autrement le coffre ne » pourroit point passer dans le rameau, » s'il étoit d'une seule piece. Alors, sans » étançonner au-dessus des poudres, on » y glisse deux rangs de madriers de trois » ou quatre pouces chacun, afin que tout » soit plein ; car il y a bien de la différence entre la résistance des terres vierges & celles de rapport. C'est pourquoi il

trente quintaux de poudre. (1) Comme il restoit après cela environ un pouce & demi de vuide dans la caisse, je fis étendre

» il ne faut diminuer la ligne de moindre » résistance que le moins qu'il est possi- » ble. Ensuite la résistance de l'athmos- » phere jointe à la force d'inertie, donne » à la poudre la faculté de comprimer » par les côtés jusqu'au qradruple de la » ligne de moindre résistance."

(1) M. de Belidor me marque dans la lettre dont est l'extrait noté ci-devant: » Vous ne me parlez pas, MONSIEUR, » de la quantité de poudre dont vous » vous proposez de charger votre four- » neau; mais vous ne pouvez vous dis- » penser d'y en mettre au moins trois » mille six cents livres."

Il m'écrivit en un autre endroit.

» Je prétends que, quand le fourneau est » chargé convenablement à l'effet qu'on » se propose, la compression s'étend, à » la ronde, à la distance du quadruple » de la ligne de moindre résistance. C'est- » à-dire, par exemple, que placé dans » l'intervalle d'une galerie d'écoute à l'au- » tre, si elles sont éloignées de vingt toi- » ses & que le fourneau soit au-milieu, à » quinze pieds de profondeur, qui est » le quart de dix toises, moitié de vingt; » alors dans un bon terrein, ce fourneau » doit être chargé de quatre mille cinq » cents livres de poudre. En suivant cette » formule générale, triplez la ligne de » moindre résistance exprimée en pieds, » & multipliez le produit par cent, vous » aurez la quantité de poudre qu'il faut » pour le charger; & dans ce cas, l'en- » tonnoir sera sextuple de la ligne de » moindre résistance, c'est-à-dire de qua- » tre-vingts-dix pieds."

Suivant cette formule de M. de Belidor, il me paroît que le centre de mes poudres étant à quinze pieds de moindre résistance, le diametre de mon entonnoir auroit dû être sextuple, ou de quatre-vingts-dix pieds, au-lieu qu'il n'a été que de soixante-six pieds; ce qui fait une grande différence; mais aussi il y a de la différence entre quatre mille cinq cents livres de poudre & trois mille trois cents livres; ce qui est sans doute la cause pour laquelle mes galeries n'ont été crevées qu'à la distance de quarante-huit & cinquante-deux pieds, au-lieu de soixante, si mon fourneau eut été chargé d'une quantité de poudre proportionnée à sa ligne de moindre résistance, suivant la formule précédente.

De ce principe découlent naturellement les réflexions suivantes. Connoissant à quelle distance on est d'une galerie de contre-mines, on saura combien il faut de poudre sous terre. On saura conséquemment que tel volume de poudre proportionné à telle ligne de moindre résistance, doit crever les galeries & les rameaux à telle distance, & que l'entonnoir de la mine doit avoir telles & telles dimensions. S'il y a quelques ouvrages, comme des redoutes, des traverses, un retranchement ou une enveloppe à portée, on jugera sûrement de ce qui doit leur arri-

sur la poudre, un lit de paille bien seche, & j'affermis bien le couvercle de la caisse par-dessus tout. Je fis glisser ensuite, entre

ver en faisant jouer la mine. M. de Belidor continue à me marquer dans sa lettre du 27 Avril : » Après l'effet de votre mi- » ne, vous tirerez de justes conséquences » de ce qui fut arrivé, si vos galeries » avoient été plus éloignées, dont vous » me flattez de me faire part. Comme » je suis actuellement rempli des effets de » la poudre dans les mines & le canon, » je ferai charmé, MONSIEUR, d'entre- » tenir avec vous une étroite correspon- » dance sur ce sujet, & je vous commu- » niquerai sans réserve, ce que mes épreu- » ves & mes réflexions ont pu m'appren- » dre de ~~nouveau, ne desirant rien avec~~ » plus d'ardeur que de contribuer à la sa- » tisfaction d'un Prince, *le Roi de Prusse*, » qui en fait faire un si bon usage. Je » vous prie de lui présenter de ma part » la lettre que je prends la liberté de lui » écrire, en lui marquant mon respec- » tueux attachement & ma profonde vé- » nération.

» Pour vous, MONSIEUR, je vous pro- » teste que votre émulation me touche vi- » vement, & que vous me trouverez tou- » jours disposé à répondre à tout ce qui » pourra vous faire plaisir.

Quelque temps après mon épreuve faite, il m'écrivit ce qui suit.

A Paris, ce 31 Mai 1754 » J'ai reçu, » MONSIEUR, la lettre que vous m'avez » fait l'honneur de m'écrire le 7 du cou- » rant, avec les plans & profils de votre » épreuve. Je vous fais de bon cœur mon » compliment sur le succès qu'elle a eue; » ce qui ne peut venir que de la préci- » sion que vous avez apporté dans la » construction des galeries qui ont été » fort bien ménagées. Vous avez sans » doute tiré cette conséquence, que si elles » avoient été éloignées du fourneau, du » quadruple de la ligne de moindre ré- » sistance, c'est-à-dire de soixante pieds, » elles eussent toutes été crevées, mais, » à la vérité, sur moins de longueur » qu'elles ne l'ont été dans votre épreu- » ve, puisque le rayon du globe de com- » pression s'est étendu, quoiqu'oblique- » ment, jusqu'à cinquante-deux pieds. Et » vous n'avez pas laissé que de crever » vos galeries sur soixante & quatorze » pieds de longueur, qui est un effet pro- » digieux, & d'enfoncer celle qui passoit » sous le fourneau. Cette opération vous » fait beaucoup d'honneur. Je ne doute » pas que Sa Majesté ne veuille en voir » davantage, & ne fasse exécuter la se- » conde qui a eu lieu à Bissy.

» Je suis très-reconnoissant des bontés » qu'elle me marque; & rien ne peut égaler » la passion que j'ai de lui plaire. Je prends » la liberté de répondre par cet ordinaire » aux deux lettres dont elle m'a honoré. » Je vous estime fort heureux de pouvoir » opérer sous ses yeux.

» J'ai l'honneur d'être, &c.

Les épreuves que M. de Belidor a fait sur les mines, auront indubitablement fait

la caisse & le ciel de la chambre, des bouts de poutrelles & de madriers fort serrés les uns contre les autres; & devant la caisse, une grosse porte arcboutée horisontalement avec des bouts de poutrelles, le tout mêlé de terre & de gazons bien foulés. L'auget & la saucisse y furent mis avec toutes les précautions possibles.

J'avois aussi fait charger le petit fourneau avec autant de précaution que le grand, en observant, comme il se voit en la Figure septieme, de faire passer l'auget de l'un à droite, & celui de l'autre à gauche du rameau. Je fis ensuite bourrer le tout, avec des gazons que les ouvriers se donnoient de mains en mains, jusqu'à dix-huit pieds de l'entrée du rameau; ce qui fit plus de quarante-huit pieds de bourrage, depuis le grand fourneau jusqu'au point où l'on devoit mettre le feu à la mine.

Sur chacun des deux puits A, B, Figure septieme, j'avois

en France, autant de bruit que celles qu'il fit en 1740, par ordre du Roi, sur la charge du canon; & il me semble voir l'émotion que cela aura causé parmi les gens du métier; cependant les choses étant par elles-mêmes, ce qu'elles sont, ce ne sera pas les raisonnements des différents partis qui les feront pires ou meilleures. On sait qu'elles ont leur bon & leur mauvais côté; mais si l'un prévaut de beaucoup sur l'autre, pourquoi voit-on des gens s'entêter si fort de cet esprit de parti qui d'ordinaire fait un si grand tort aux arts & aux sciences. On juge bien que ces choses-là ne sont pas pratiquables en tout temps, en tous lieux & en toute occasion; mais peut-on disconvenir qu'il n'y en ait beaucoup, où de telles mines bien appliquées ne fassent un très-grand effet, & même, selon les circonstances, un effet décisif, comme nous l'avons vu au dernier siege de S***. J'ignore quelles ont été les raisons pour & contre l'épreuve de M. de Belidor, parce que je suis dans un coin de la terre où elles ne peuvent guere parvenir à ma connoissance. Cependant, comme partie intéressée, à cause de l'épreuve que j'en ai fait, même dans le sérieux, j'ose espérer qu'il me sera permis d'en faire les applications, & d'en tirer toutes les conséquences que je pourrai. Qu'on me juge après cela comme l'on voudra, j'aurai au moins fait ce que j'ai dû faire.

fait mettre un couvercle chargé d'un pied & demi de terre. J'avois auſſi fait de A en B, ſur la petite galerie, un glacis de ſes propres terres.

La mine joue en préſence de Sa Majeſté.

Lorſque tout fut achevé, Sa Majeſté vint voir jouer la mine. Elle donna elle-même le ſignal pour y mettre le feu; ce qui produiſit une gerbe de terre & de pouſſiere fort haute. L'entonnoir ſe trouva de ſoixante-ſix pieds de diametre ſur dix-huit de profondeur, bien nettoyé, & ſans aucun éboulis. Sa forme étoit préciſément comme elle eſt marquée au profil, Figure onzieme. La galerie a b, Figure douzieme, fut crevée entiérement, & les chaſſis des puits de chaque côté furent jettés de beaucoup hors de leur à-plomb. La galerie a e fut crevée ſur la longueur f g, de ſoixante & quatorze pieds, & juſqu'à quarante-huit pieds du centre du fourneau. NB. Qu'elle étoit à peu-près de niveau avec le centre des poudres. La galerie b c fut crevée du côté de la maçonnerie, juſqu'en h, à quarante-deux pieds du centre du fourneau; & des neuf pieds reſtants depuis h juſqu'en b, il y en eut cinq ou ſix jettés hors de leur à-plomb de plus de ſix pouces. La rupture, du côté de l'encaiſſement, s'étendit juſqu'en i. Enfin, la galerie la plus baſſe f g fut crevée juſqu'à trente-huit pieds du centre des poudres, comme le profil, Figure onzieme, le montre fort diſtinctement.

Après avoir ainſi fait jouer la grande mine, je fis mettre le feu à la petite, qui ne fit que ſouffler dans le grand entonnoir, avec ſi peu d'effet, que nous fûmes quelques moments en doute, ſi elle avoit joué ou non. La raiſon en eſt fort naturelle. Il étoit reſté fort peu de réſiſtance du côté de l'entonnoir, & la terre étoit déja meurtrie par la compreſſion de la grande mine.

Application du globe de compreſſion à l'attaque des Places.

Après des épreuves auſſi authentiques que celles de M. de Belidor & les miennes, après m'être ſervi avec aſſez de ſuccès

du globe de compreſſion dans un ſiege des plus critiques, on ne peut diſconvenir des avantages qu'on auroit lieu de ſe promettre d'une certaine quantité de poudre employée à cet uſage. Il n'eſt queſtion que de ſavoir comment & en quelle occaſion il eſt bon de s'en ſervir.

Ce n'eſt guere que contre une Place contre-minée que l'on employe les mines dans un ſiege ; & c'eſt particuliérement contre les galeries & les rameaux d'une telle Place que l'on doit faire uſage du globe de compreſſion. Si les contre-mines s'étendoient fort loin en-avant de la crête du glacis, il faudroit ſans doute plus de globes que ſi elles n'alloient qu'à quelques toiſes du chemin couvert. (1) Servons-nous pour exemple de la Figure treizieme. Le petit entonnoir C qui aura joué vers la tête des ſapes, marquera diſtinctement que les mines de la Place s'étendent juſqu'à vingt toiſes de la crête du glacis ; ou bien on le ſait ſûrement d'ailleurs ; mais c'eſt auſſi tout ce que l'on ſait, n'ayant aucune connoiſſance de leur profondeur, ni de leur diſtribution ſous le glacis. Cela poſé, on fera en A, ſous le parapet de la tranchée, une entrée pour un rameau juſqu'en B, à quinze ou ſeize pieds ſous les terres du glacis. Si l'entonnoir C étoit aſſez grand pour s'y loger, le chemin pour arriver aux endroits preſcrits ſeroit à proportion plus court ; & même pour être plus ſûr de ſon fait, ne pourroit-on pas marcher par des chemins différents, & s'en tenir à celui qui meneroit le plutôt au but. Il eſt toujours avantageux, pour quelque mine que ce PLANCHE IV.

(1) Les contre-mines de la plupart des Places de l'Europe ne vont guere à plus de dix toiſes de la paliſſade, à moins que ce ne ſoient des ouvrages fait tout nouvellement, comme ceux de la belle-croix à Metz, & quelques autres ſur leſquels je me tais. Combien y en a-t-il qui ne s'étendent que juſqu'à ſept ou huit toiſes.

ſoit, de faire un retour à l'extrémité du rameau ; & dans ce cas-ci, la chambre qui tiendroit au retour devroit être d'une grandeur proportionnée à la quantité de poudre qui devroit y entrer. Qu'il y faille, par exemple, quatre mille cinq cents livres de poudre ; ſachant que ſoixante pieds font un pied cube, on diviſe quatre mille cinq cents par ſoixante, pour avoir ſoixante & quinze, donc la racine cubique eſt à-peu-près de cinquante-un pouces pour chaque côté de la caiſſe dans œuvre, & cette caiſſe ſe fait de morceaux préparés, comme je l'ai dit précédemment.

Précautions à prendre dans les Tranchées avant de mettre le feu à la mine.

Au moment où l'on voudra mettre le feu à la mine, on fera retirer le monde des Tranchées les plus avancées, juſqu'à deux cents ou trois cents pas en-arriere ; car comme l'effet doit être prodigieux, il ſeroit à craindre que ceux qui en ſeroient près ne s'en reſſentiſſent ; mais auſſi lorſque la mine aura joué, on ramenera bien vîte les troupes à leurs poſtes. Si, comme je le ſuppoſe, la ligne de moindre réſiſtance eſt de quinze pieds, & la charge du fourneau à proportion, ſelon la formule ci-devant notée, on ſera ſûr que les galeries & les rameaux de l'ennemi ſeront crevés ſous terre, à dix toiſes aux environs, & que l'entonnoir aura quatre-vingt-dix pieds de diametre.

S'il ſe trouvoit quelques mines chargées & bourrées à trente-cinq ou quarante pieds du fourneau, je conviens que l'aſſiégé pourroit toujours y mettre le feu ; mais quel autre effet cela produiroit-il que de ſouffler dans l'entonnoir, & de brûler quelques malheureux qui ſe trouveroient préciſément ſur la mine ?

Le globe ſuppoſé, comme je viens de le dire, ſous une ligne de quinze pieds & dans un bon terrein, toute mine & galerie de niveau, ou à-peu-près de niveau avec le centre des poudres du grand fourneau, doivent néceſſairement être découvertes

à la diſtance de vingt-cinq ou trente pieds ; ce qui fait que l'on n'auroit rien à craindre à cette diſtance : ſavoir même ſi le feu ne prendroit pas en même-temps aux mines qui avoiſineroient de trop près.

Peut-être ſe trouvera-t-il quelques bouts de galeries ou de rameaux crevés qui donneront la facilité de fouiller, pour s'emparer du reſte, & s'en ſervir en guiſe de tranchée ; ce qui eſt d'une très-grande conſéquence pour le progrès des attaques ainſi que nous l'avons vu auparavant.

Que s'il ne ſe trouvoit, dans l'entonnoir B, aucun veſtige des contre-mines de la Place, de ce même entonnoir, après y avoir fait les logements & banquettes néceſſaires, on perceroit un nouveau rameau le plus avancé ſous le chemin couvert qu'il ſeroit poſſible, la chambre de mines toujours à quinze pieds de moindre réſiſtance. Alors l'effet de cette ſeconde mine s'étendroit juſques aux ouvrages à portée d'être atteints par les rayons du globe, comme ici juſqu'à la lunette E, ou autre à-peu-près pareille, fleches, retranchements, envelopes, redoutes, traverſes, &c. PLANCHE IV.

Dans le cas où le chemin couvert ſeroit étroit, de maniere que la compreſſion pût atteindre au mur de la contreſcarpe, elle le renverſeroit immanquablement dans le foſſé ; par où l'on voit combien des attaques de cette nature épargneroient d'actions ſanguinaires auxquelles on ſeroit obligé d'en venir pour ſe rendre maître, comme on a fait juſqu'ici, des chemins couverts & des ouvrages quelconques qui ſe ſont trouvés dans leur terre-plein.

Peut-être ne ſera-t-il pas aiſé de placer le fourneau préciſément à l'endroit propre à l'effet que l'on en attend ; mais que ce ſoit un peu plus à droite ou un peu plus à gauche de la

capitale, pourvu que l'on ne commence pas de trop loin, cela revient presqu'au même, puisqu'on dirige les approches en conséquence. Que ce soit pour quatre cents cinquante livres de poudre ou seulement pour cent livres, les dimensions du rameau & de son retour sont toujours les mêmes; il n'y a que la chambre qui doit être plus grande à proportion de la quantité de poudre qui doit y entrer. Pour le bourrage d'une telle mine, on doit le faire à raison de la charge du fourneau & de sa ligne de moindre résistance (1). Il n'est pas douteux qu'il ne faille pour cela du temps, & qu'il n'y ait du risque; mais aussi quelle comparaison y a-t-il à faire entre des effets aussi prodigieux que le sont ceux d'une telle mine, & ce que l'on a à craindre des contre-mines ordinaires d'une Place. J'en fais juges les plus expérimentés dans le métier, pour peu qu'ils ayent de connoissance de la mine dont il est ici question.

La Figure 13ᵉ. & son profil font voir la maniere dont la lunette E a dû être ouverte par le second globe D. Il en sera de même de tout autre ouvrage pour peu que la compression puisse y atteindre.

Maniere de se rendre maître des ouvrages de la Place par le moyen du globe de compression.

Après avoir enlevé le chemin couvert & renversé la contrescarpe dans le fossé par le moyen du globe de compression ou autrement, il faut aller encore plus loin. On a devant soi une enveloppe,

---

(1) Je voudrois qu'on éprouvât de ne bourrer, dans une galerie de soixante pieds, que vingt pieds, & cela de maniere que le bourrage finit à l'entrée de la galerie, pour avoir quarante pieds de vuide jusqu'au grand fourneau. Je présume qu'indépendamment de la compression, il s'ensuivroit l'enlevement des terres au moins de toute la partie vuide de la galerie ou du rameau, ce qui feroit une très-bonne communication. Qu'il y auroit de belles épreuves à faire là-dessus, pour peu qu'un grand Prince voulût s'y prêter & en faire la dépense.

enveloppe, une contre-garde qui couvrent une demi-lune ou un baſtion. Voyez la Figure premiere de la Planche V. Je ne parle point ici de paſſage de foſſé, & je n'ai aucun égard à ce qu'il ſoit ſec ou plein d'eau; mais je paſſe tout de ſuite au logement ſur la brêche, de quelque maniere que ce ſoit, pour y attacher le Mineur, qui s'enfonce dans la maſſe de l'ouvrage à proportion de ſa grandeur & de ſon épaiſſeur. PLANCHE V.

La contre-garde que je donne ici pour exemple, n'a pas beaucoup de largeur, ainſi il ne ſera pas beſoin de s'enfoncer extrêmement dans les terres. Qu'on y faſſe un rameau de vingt-quatre pieds avec un petit retour & une chambre aſſez grande pour contenir la poudre que l'on y veut mettre, c'eſt bien tout ce qu'il faut. Enſuite, avec une charge proportionnée à la maſſe que l'on veut enlever en tout ſens, on ouvrira l'ouvrage par le milieu, de part en part, comme il ſe voit en la Figure. Pour peu que le fourneau approche du niveau du fond du foſſé, il n'eſt pas douteux que la partie où il ſe trouve placé ne ſoit enlevée juſqu'au fondement: ainſi la même batterie de brêche qui auroit ſervi pour la contre-garde ſerviroit tout de ſuite pour battre la partie du baſtion. Le paſſage de la contre-garde à la brêche du baſtion ſe fera à la maniere ordinaire. (1)

(1) On peut, à l'aide des Figures, ſe repréſenter une batterie ſur la crête du glacis, pour faire brêche à une contre-garde de peu d'épaiſſeur. Qu'on ſe repréſente après cela, une excavation faite de part en part dans cette même contre-garde, par le globe de compreſſion, de maniere qu'une partie de la face du baſtion ſoit tout-à-fait découverte, on jugera ſans difficulté, qu'avec cette même batterie, on peut battre d'abord le baſtion en brêche. Le paſſage ſe trouve déja fait au travers de la contre-garde; & quand bien même il y auroit encore quelque choſe à déblayer, je ne vois point d'endroit dans toute l'attaque où l'ouvrier ſoit plus en ſûreté pour travailler.

Cas d'un Cavalier sur un bastion à enlever.

Supposons le cas d'un bastion où il y auroit un Cavalier dont il seroit difficile & peut-être dangereux de se rendre maître, même après avoir occupé la brèche. Le passage du fossé fait, ainsi que le logement sur cette brèche, à la maniere ordinaire, on s'enfonce dans les terres, autant qu'il faut, pour enlever le Cavalier, & faire dans la masse de l'ouvrage une ouverture prodigieuse; après quoi, je ne crois pas que ceux de la Place pensent encore à se défendre. Dans cet exemple, pour enlever le Cavalier & faire l'ouverture que je viens de dire, il n'est question que de marcher une quarantaine de pieds en rameau, de charger & de bourrer la mine pour l'effet que l'on veut qu'elle fasse.

Je rapporte peu d'exemples de l'usage qu'on peut faire du globe de compression, mon dessein étant d'en faire des applications particulieres lorsque je continuerai de traiter de l'attaque & de la défense des Places. En attendant, chacun peut l'appliquer aux Places qu'il voudra de sa connoissance.

L'avantage essentiel de cette maniere de miner étant de n'avoir besoin que de douze ou quinze pieds de terre, pour détruire tout ce qui peut se rencontrer à quarante-huit ou cinquante pieds aux environs, tant au-dessus qu'au-dessous, je ne vois pas de raison à se refuser à un bien aussi marqué. On peut s'en servir dans un terrein bas comme dans un terrein haut. Même où il n'y auroit que cinq ou six pieds de terre, on peut compter sur un effet à proportion de la charge du fourneau. Je voudrois là-dessus quelques épreuves qui déterminassent le fond qu'il y auroit à faire sur toutes ces choses-là.

Maniere de détruire le systême de M. de Valiere par le moyen du globe de compression.

Je reviens encore une fois aux contre-mines de M. de Valiere, pour dire que, si l'on n'avoit à faire qu'à de tels ouvrages, comme ils ne s'étendent guere qu'à trente pieds de la crête

du glacis, un globe placé convenablement, & chargé d'une quantité de poudre suffisante, enleveroit d'un seul coup, quinze ou dix-huit fourneaux mêlés de ses trois étages. Voici comment. Sachant l'emplacement & la disposition de ses fourneaux, dès qu'on seroit arrivé avec les tranchées ou les sapes, à environ soixante pieds de la crête du glacis, on attacheroit le Mineur pour y faire un puits de seize ou vingt pieds de profondeur; & du fond de ce puits, l'on marcheroit avec un rameau quelconque, pour tâcher de gagner le dessous des fourneaux du plus bas étage. Voyez, en suivant la pente du glacis marquée dans la Figure 10e. de la Planche I, le puits A B de seize pieds de profondeur, & à dix toises de la crête du glacis. Le rameau B C, de vingt pieds de longueur, va un peu en descendant, pour gagner d'autant le dessous du fourneau L. Par-là le fourneau de la grande mine C, se trouve à vingt-six pieds sous les terres du glacis, & cinq ou six pieds plus bas que le fourneau de contre-mine du plus bas étage. PLANCHE I.

Suivant la formule, à raison de vingt-six pieds de moindre résistance, ce seroit, pour le plus grand effet que l'on voudroit que la mine fît, une charge de sept mille huit cents livres de poudre qu'il y faudroit, quoiqu'on pût très-bien réduire cette charge à une moindre quantité, & en venir pourtant à un effet réduit à telle proportion que l'on voudroit. Par exemple, le fourneau du globe étant, comme nous le supposons, à vingt-six ou vingt-huit pieds de profondeur sous terre, pour ce que l'on prétendroit d'une telle mine, il ne seroit pas absolument nécessaire que la compression s'étendît jusqu'au quadruple de la ligne de moindre résistance, ni que l'entonnoir fût sextuple de cette ligne; mais il faudroit plutôt calculer & dire: je veux être sûr de l'effet de la mine jusqu'à cinquante ou soixante pieds tout à l'en-

tour, tant en-deſſus qu'en-deſſous ; mais pour celà, je n'ai beſoin de ſuivre la formule qu'à raiſon de douze ou quinze pieds de réſiſtance ; ce qui réduira la charge de mon fourneau à trois mille ſix cents ou à quatre mille cinq cents livres ; le tout à proportion de ce que je veux diminuer l'effet entier du globe. Par là je ſuis ſûr de l'effet juſqu'à cinquante ou ſoixante pieds en tous ſens, & j'aurai un entonnoir depuis ſoixante & douze juſqu'à quatre-vingts-dix pieds de diametre ; ce qui eſt plus que ſuffiſant dans le cas dont il eſt ici queſtion. De cette maniere, en épargnant plus de la moitié de la poudre qu'il me faudroit, ſelon la formule, je remplirai mon objet, & même j'irai, autant que je voudrai, au-delà. Je puis m'approfondir autant que je le juge à propos, pour gagner le deſſous des contre-mines, ſans que pour cela je ſois obligé de charger mon fourneau d'une quantité immenſe de poudre, m'étant libre, comme je viens de le dire, d'augmenter & de diminuer la charge à proportion de l'effet que je voudrois que la mine fît.

L'ouvrage d'un puits de ſeize pieds de profondeur, & d'un rameau long de vingt ou de vingt-cinq pieds, ne ſont pas non plus des choſes ſi exceſſives. Même, au-lieu de puits, on pourroit deſcendre par une galerie qui auroit ſon entrée ſous le parapet de la Tranchée, juſqu'au point où l'on voudroit établir le fourneau du globe ; ce qui ſe feroit à quatre-vingts pieds de la crête du glacis, au-lieu de ſoixante, comme je l'ai dit plus haut. Tout cela ſe démontre parfaitement, à l'aide des Figures.

Selon le ſyſtême de M. de Valiere, les fourneaux les plus près de la Place doivent jouer les premiers ; il eſt donc probable qu'on ne ſera pas inquiété dans la conſtruction des puits ou des galeries quelconques ; & l'on eſt ſûr que la mine étant faite & chargée convenablement, elle enlevera d'un ſeul coup,

non-ſeulement tous les fourneaux à une certaine diſtance aux environs, mais auſſi la plupart des galeries & des rameaux auxquels le rayon du globe pourra atteindre ſeront crevées à ne pouvoir plus s'en ſervir.

Au reſte, chacun peut ſe faire là-deſſus tels plans & profils qu'il voudra en grand, pour y ajuſter toutes les meſures que cette expoſition courte & ſimple lui aura fait naître : même on pourroit en faire des reliefs. Quant à moi, je n'avance rien qui ne ſoit prouvé & fondé ſur des principes inconteſtables, ſur des faits.

Quelqu'un me dira peut-être que c'eſt le moyen de ruiner le projet que j'ai fait moi-même ; ce qui eſt vrai : car ſi l'on n'empêche pas l'établiſſement du globe, il n'eſt guere poſſible d'en empêcher l'effet.

J'ai dit que ſous une ligne de moindre réſiſtance de vingt-ſix ou de vingt-huit pieds, ſi je mets la charge que preſcrit la formule, à raiſon de douze ou quinze pieds, cela feroit un entonnoir ſextuple deſdits douze ou quinze pieds ; ce dont pourtant je ne ſuis pas tout-à-fait ſûr, comme je le ſuis du quadruple, par rapport à la rupture des ſouterreins aux environs. Ce ſont ici des cas où il faudroit de bonnes épreuves, & des épreuves ſouvent repétées.

Il me ſemble entendre les objections que l'on va me faire de tout côté, ſur la quantité de poudre qu'exigent de telles mines, quelque diminuée que je veuille la ſuppoſer. (1) La difficulté de

(1) Dans un ſiege comme celui de S***., où il a fallu huit mille quintaux de poudre, il y en a eu environ cent & ſoixante pour les mines, & ce ſont les mines ſeules qui en ont aſſuré le ſuccès.

Matiere à Réflexion.

porter cette poudre, par les Tranchées, jusqu'au fond du rameau, les accidents qui peuvent lui arriver à chaque instant. Après cela, s'il se trouve des mines chargées & bourrées, cela n'empêchera pas d'y mettre le feu, comme l'épreuve l'a fait voir. C'est d'ailleurs un ouvrage capital, & qui doit décider; ainsi on ne peut charger une mine pareille qu'on ne soit fort avant dans les terres: car on ne peut pas se proposer de faire jouer autant de globes que de mines ordinaires. Si le fourneau se trouve à même hauteur que la galerie de contre-mines, & si cette galerie ne présente qu'un bout de quelqu'un de ses rameaux, peut-être déja chargé, la compression n'ayant pas alors beaucoup de prise, qui sait si son effet ira fort loin? Le rayon qui ne touche qu'obliquement le côté du souterrein ne lui fait pas non plus un dommage à proportion aussi grand que s'il le touchoit perpendiculairement. Enfin, les contre-mines de la Place feront leur effet de tout côté sur le travail du Mineur. Celui-ci a beau faire, il ne peut guere empêcher qu'il ne soit entendu. Un ennemi un peu vigilant le préviendra en faisant jouer, devant ou à côté de lui, un petit fourneau qui détruira l'ouvrage commencé, & peut-être l'étouffera dans son rameau.

Supposons, diront encore les Anti-globistes, (j'appelle ainsi ceux qui ne sont pas partisans du globe) que l'assiégeant soit parvenu à faire un très-grand entonnoir, & à crever quelques souterreins aux environs; croit-il pouvoir s'y loger bien sûrement, tandis qu'il peut y avoir quelques fourneaux capables de faire sauter son logement & de ruiner l'ouvrage qu'il auroit commencé dans le dessein d'aller plus loin? Dans les mines ordinaires d'un siege, dès que l'on s'est enfoncé de quelques pieds dans les terres, & que l'on entend près de soi le Contre-mineur, on fait bien vîte jouer la mine de peur d'être prévenu. Il n'en est pas

de même du globe de compreſſion, à cauſe du temps qu'il demande pour ſa charge & ſon bourrage, & qu'il faut déja être à une certaine profondeur dans les terres pour en faire uſage.

Enfin, le réſultat des objections ſera vraiſemblablement que tout cela peut être bon pour des épreuves en temps de paix, & qu'il faut être bien hardi pour l'entreprendre ſérieuſement. Il eſt vrai qu'il y a du riſque & des difficultés à le faire pour la premiere fois; mais après l'avoir fait quatre fois de ſuite dans un même ſiege, je crois qu'il m'eſt permis d'en juger. Le rameau ſe fait, comme pour les mines ordinaires. Pour peu qu'on s'élargiſſe à l'extrémité, ou que l'on prenne ſur le côté par un petit retour, on a la chambre faite. (1) Si c'eſt dans un terrein ſec, on n'a pas beſoin de caiſſe; on peut arranger à l'extrêmité du rameau ou de ſon retour, les ſacs à terre, remplis de poudre, à-peu-près comme ſi l'on mettoit des gazons l'un ſur l'autre pour bourrer la mine; ce qui demanderoit alors beaucoup moins de temps & de ſujétion. (2)

Qu'il y ait d'ailleurs de la peine & du danger, c'eſt le ſort de la guerre, des ſieges. (3)

---

(1) Qu'importe que la chambre ſoit oblongue ou quarrée, ce n'eſt pas un pied de plus en longueur ou en largeur qui peut changer ou altérer l'effet prodigieux d'une ſi grande quantité de poudre. J'ai mis une fois, au bout d'un rameau, une caiſſe oblongue de toute ſa hauteur & largeur, ſans beaucoup de difficulté, & l'effet de la mine s'en eſt enſuivi comme je m'y étois attendu.

(2) Je parle ici de choſes faites dans le ſérieux, où, de quatre fourneaux, il y en a eu deux chargés ſans caiſſe aucune, & qui ont pourtant eu le meilleur effet qu'on pouvoit en attendre. Il faut ſeulement avoir attention à faire obſerver le plus grand ordre dans le tranſport des poudres; la fauciſſe ſe met dans l'auget, & le bout de celui-ci dans le milieu des ſacs à poudre. Tout cela ſe fait très-vite, & par-là on gagne un temps conſidérable & fort précieux.

(3) Il y a toujours, quand il s'agit d'en venir au fait, beaucoup plus à crain-

De la charge des mines ordinaires.

Pour la charge des mines ordinaires, on peut, si l'on veut, s'en tenir aux Tables insérées ci-après, jusqu'à ce qu'on soit sûr d'en avoir de meilleures. Comme il semble que, jusqu'ici, l'on n'ait été qu'en tâtonnant dans ces choses-là, je voudrois qu'il fût possible d'avoir au moins quelques regles fixes auxquelles on dût déférer.

M. le Maréchal de Vauban a supposé, pour ses calculs, que l'excavation d'une mine formoit un cône parfait dans les terres; (1) tandis que M. de Valiere en a fait un conoïde parabolique. (2) M. de Belidor nous a dit ensuite que ce n'étoit ni l'un

dre pour la nouveauté que pour les choses d'usage ordinaire. Si pour celui-ci il y a des occasions & des endroits où l'on doit trembler, il faut être bien hardi pour entreprendre l'autre. La condition d'un Artiste étant d'être jugé selon l'événement, par des gens qui souvent n'ont point d'art, & qui pourtant sont les plus forts, parce qu'ils sont en plus grand nombre.

Matiere à réflexion.

(1) Voici ce que j'ai lu dans une lettre de M. le Maréchal de Vauban.

» Je vous dirai donc que l'expérience a » fait voir, que minant sous un glacis, » une once de poudre enleve un pied » cube de terre ; ce qui revient pour dix » pieds d'épaisseur ou hauteur de terre à » soixante & quinze livres ou environ. On » a cependant réglé par sur abondance, » de mettre pour dix pieds d'épaisseur ou » hauteur de terre quatre-vingts & six li» vres, qui est une once & un septieme » pour chaque pied cube que la mine en» leve. Pour vingt pieds d'épaisseur ou » hauteur de terre, six cents livres; pour » quarante pieds, quatre mille huit cents » livres ; & ainsi du reste à proportion de » son effet, qui est toujours un cône par» fait, ayant la base double de sa hau» teur. Ainsi connoissant la hauteur, on » peut connoitre la solidité du cône, & » mettre autant de fois une once & un » septieme de poudre qu'il y a de pieds » cubes dans la solidité dudit cône, &c.

(2) M. de Valiere dit, dans sa Dissertation sur les contre-mines : » L'excavation » ou l'ouverture que produit l'effet d'un » fourneau dans les terres, est un conoïde » parabolique, auquel on donne le nom » d'entonnoir dans la pratique. " Il explique ensuite la maniere de calculer, pour trouver la solidité des terres qui, par leur enlevement, forment cette excavation ; & c'est, sans doute, sur ce fondement qu'il a construit sa Table telle qu'on la verra ci-après.

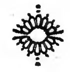
l'un ni l'autre, mais que l'excavation d'une mine reſſembloit, à peu-près, à un chaudron ; en quoi je juge qu'il a eu raiſon. Lorſque je fis l'épreuve du globe de compreſſion à Potſdam, je remarquai que l'entonnoir étoit un peu applati dans le fond, comme il ſe voit dans la Figure 11e. J'ai obſervé la même choſe dans tous les entonnoirs de mines que j'ai vu. PLANCHE IV.

Je ne ſais ſi M. de Belidor nous a laiſſé quelques formules plus ſûres que celles que nous avons. Suivant ce qu'il a propoſé dans ſon Cours de Mathématiques, il a dû faire des épreuves concernant la quantité de poudre qu'il faudroit pour détacher les terres, comme auſſi pour les enlever. Je ne doute point qu'ayant eu les occaſions d'en faire beaucoup dans ſes écoles, il n'ait bien ſu lui-même à quoi s'en tenir ; mais je ne ſache pas qu'il ait fait part au Public de ſes découvertes.

J'ai parlé au commencement, Page 41, d'une formule aſſez ſimple pour trouver à-peu-près la charge des mines ; j'inſere après ceci les Tables que j'ai calculées à ce ſujet ; j'inſere auſſi celles de M. Valiere, dont on fera l'uſage que l'on voudra. (1)

---

(1) Je n'ai pas jugé à propos de rapporter ici les Tables de M. de Vauban, puiſqu'on les trouve par-tout.



Tome II. O

TABLE

Pour la charge des mines, selon M. le Febvre.

Ligne de moindre résistance, mesure du Rhin.	Solide des Terres à enlever. *Exprimé en pieds cubiques.*	*Exprimé en verges & pieds cubiques.*		Terre commune. Poudre. Liv.	Onc.	Sable fort. Poudre. Liv.	Onc.	Terre mêlée. Poudre. Liv.	Onc.	Argille & Tuf. Poudre. Liv.	Onc.	Terre grasse mêlée de cailloux. Poudre. Liv.	Onc.
3	28	0	28	1	13	2	2	2	4	2	6	2	12
4	77	0	77	4	13	5	13	6	3	6	8	7	8
5	147	0	147	9	2	11	2	11	12	12	8	14	6
6	253	0	253	15	12	19	3	20	6	21	8	24	14
7	410	0	410	25	10	31	3	33	0	34	13	40	5
8	608	0	608	38	4	46	4	48	1	51	11	60	0
9	864	0	864	54	2	65	11	69	9	73	7	85	0
10	1180	0	1180	73	12	89	12	95	0	100	5	116	2
11	1583	0	1583	99	1	120	6	127	7	134	9	155	12
12	2028	1	300	127	0	154	4	163	5	172	6	200	0
13	2604	1	876	163	1	198	1	209	11	221	5	256	5
14	3284	1	1556	205	11	249	13	264	7	279	2	323	4
15	4028	2	572	252	5	306	6	324	6	342	6	396	0
16	4875	2	1419	304	3	370	12	392	9	414	6	480	0
17	5829	3	645	365	2	443	5	470	5	495	8	573	12
18	6912	4	00	430	0	524	14	556	10	586	9	680	6
19	8049	4	1137	604	3	612	3	648	4	688	11	792	4
20	9600	5	960	600	2	730	3	772	2	816	1	944	15
21	11250	6	882	704	11	855	11	906	0	956	5	1171	6
22	12722	7	626	796	14	967	10	1024	9	1068	1	1252	4
23	14509	8	685	880	10	1069	5	1132	4	1195	2	1382	0
24	16457	9	905	1030	13	1250	3	1325	6	1399	0	1619	14
25	18680	10	1600	1170	1	1420	13	1504	0	1588	0	1838	12
26	20987	12	252	1314	9	1595	6	1690	3	1784	2	2065	12
27	23452	13	988	1469	0	1783	3	1884	4	1993	10	2308	7
28	26282	15	362	1646	4	1999	1	2116	10	2234	4	2587	0
29	29146	16	1498	1824	11	2216	14	2347	5	2477	11	2868	11
30	32208	18	1104	2017	8	2449	13	2593	14	2738	0	3170	5
31	35511	20	950	2224	6	2701	0	2860	0	3018	13	3495	8
32	39204	22	1181	2455	11	2981	14	3157	5	3332	11	3859	0
33	42931	24	1459	2689	7	3265	7	3457	8	3649	9	4225	13
34	46900	27	244	2937	12	3567	5	3777	3	3987	0	4616	8
35	51332	29	1220	3215	7	3904	7	4134	1	4363	12	5052	13

TABLE

Pour la charge des mines, selon M. le Febvre.

Ligne de moindre résistance, mesure de France.	Solide des Terres à enlever.			Terre commune.		Sable fort.		Terre mêlée.		Argille & Tuf.		Terre grasse mêlée de cailloux.	
	Exprimé en pieds cubiques.	*Exprimé en toises & pieds cubiques.*		Poudre.		Poudre.		Poudre.		Poudre.		Poudre.	
				Liv.	Onc.	Liv.	Onc.	Liv.	Onc.	Liv.	Onc.	Liv.	Onc.
3	28	0	28	1	13	2	3	2	5	2	7	2	13
4	77	0	77	4	15	6	1	6	6	6	12	7	13
5	147	0	147	9	8	11	8	12	3	12	14	14	15
6	253	1	37	16	6	19	14	21	1	22	4	25	12
7	410	1	194	26	9	32	4	34	2	36	1	41	12
8	608	2	176	39	6	47	13	50	10	53	7	61	14
9	864	4	000	56	0	68	0	72	0	76	0	88	0
10	1180	5	100	76	7	92	14	98	5	103	12	120	3
11	1583	7	71	102	8	124	9	131	14	138	15	161	3
12	2028	9	84	131	7	159	9	169	0	178	6	206	8
13	2604	12	12	168	12	205	13	217	0	229	8	265	3
14	3284	15	44	212	13	258	7	273	10	288	13	334	7
15	4028	18	140	261	1	319	12	335	10	354	5	410	4
16	4875	22	133	316	0	383	10	406	4	428	13	496	8
17	5829	26	213	377	12	458	12	485	12	512	11	593	11
18	6912	32	000	448	0	544	0	576	0	608	0	704	0
19	8049	37	55	521	11	633	7	670	12	712	10	809	12
20	9600	44	96	622	3	755	8	800	0	844	7	977	12
21	11250	52	18	729	2	885	6	937	8	989	13	1145	13
22	12722	58	194	824	9	1001	4	1060	2	1105	2	1295	12
23	14509	67	37	911	3	1106	7	1171	9	1236	10	1431	15
24	16457	76	41	1066	10	1295	3	1371	6	1447	9	1676	2
25	18680	86	104	1210	11	1470	2	1556	10	1643	2	1902	9
26	20987	97	25	1360	4	1650	13	1748	14	1846	1	2137	0
27	23452	108	124	1520	0	1845	9	1954	5	2062	14	2388	10
28	26282	120	105	1703	7	2068	7	2190	2	2311	13	2676	13
29	29146	134	202	1889	1	2293	14	2128	13	2563	12	2964	9
30	32208	149	24	2087	8	2534	14	2684	0	2833	1	3280	7
31	35511	164	87	2301	10	2794	13	2959	4	3123	10	3616	13
32	39204	181	108	2541	0	3085	8	3267	0	3448	8	3993	0
33	42931	198	163	2777	14	3378	3	3557	9	3776	5	4372	9
34	46900	217	28	3039	13	3691	3	3908	5	4125	7	4776	13

TABLE

Pour la charge des mines, selon M. le Febvre.

Ligne de moindre résistance, mesure du Rhin.	Solide des Terres à enlever.			Terre commune.		Sable fort.		Terre mêlée.		Argille & Tuf.		Terre grasse mêlée de cailloux.	
	Exprimé en Pieds cubiques.	*Exprimé en verges & Pieds cubiques.*		Poudre.		Poudre.		Poudre.		Poudre.		Poudre.	
				Liv.	Onc.	Liv.	Onc.	Liv.	Onc.	Liv.	Onc.	Liv.	Onc.
36	55790	32	494	3494	10	4243	8	4493	2	4742	12	5491	10
37	60496	35	16	3790	12	4601	7	4872	2	5142	13	5954	13
38	65460	37	1524	4100	6	4979	1	5271	14	5564	13	6443	7
39	70957	41	102	4444	11	5397	2	5714	10	6032	2	6986	8
40	76494	44	462	4790	0	5818	9	6160	9	6502	13	4484	13
45	108771	62	1635	6813	6	8273	6	8760	2	9246	12	10706	12
50	149522	86	914	9366	0	11382	0	12042	0	12711	0	14718	0
60	258514	149	1042	16193	4	19663	4	20820	0	21976	8	25446	9

Raison du calcul de ces Tables.

Ces Tables sont calculées, en quelque façon, d'après celles de M. Vauban, quoique par une formule un peu différente de la sienne. Soit défaut d'impression ou autre, il se trouve dans les articles des Tables de M. Vauban, des différences qui ne m'ayant point du tout satisfait, m'ont engagé à faire celles-ci, tant pour les mesures de France, que pour celles d'Allemagne. Il convient d'ailleurs d'avoir quelques égards aux mesures du pays où l'on est. Comme l'excavation que fait une mine n'est ni un cône renversé, ni tout-à-fait un paraboloïde, mais plutôt quelque chose d'approchant du dernier, j'ai jugé qu'en calculant le solide d'un cône renversé, dont la base est double de la hauteur, & qu'en y ajoutant un septieme de la somme, j'aurois, à très-peu de choses près, le solide des terres qu'une mine enleve :

TABLE

Pour la charge des mines, felon M. le Febvre.

Ligne de moindre réfiftance, mefure de France.	Solide des Terres à enlever.			Terre commune.		Sable fort.		Terres mêlées.		Argille & Tuf.		Terre graffe mêlée de cailloux.	
	Exprimé en Pieds cubiques.	*Exprimé en Toifes & Pieds cubiques.*		Poudre.		Poudre.		Poudre.		Poudre.		Poudre.	
				Liv.	Onc.	Liv.	Onc.	Liv.	Onc.	Liv.	Onc.	Liv.	Onc.
35	51332	237	140	3327	1	4040	0	4277	10	4515	5	5228	4
36	55790	158	62	3616	0	4390	13	4649	2	4907	8	5682	5
37	60496	280	16	3921	0	4761	4	5041	5	5321	6	6161	10
38	65460	303	12	4242	12	5151	15	5455	0	5758	0	6667	3
39	70957	328	109	4599	1	5584	9	5913	1	6241	9	7227	1
40	76494	354	24	4957	15	6020	5	6364	0	6728	10	7744	12
45	108771	503	123	7049	15	8560	10	9064	4	9567	13	11078	8
50	149522	692	50	9687	0	17788	1	12460	2	13152	5	15229	1
60	258514	1196	178	16755	8	20346	0	21542	10	22739	10	26330	2

du moins cela fe rapporte-t-il affez avec tout ce qui en a été dit jufqu'ici. J'admets comme M. de Vauban, quatorze livres de poudre pour deux cents feize pieds cubes de terre ordinaire; dix-fept livres pour le fable fort; dix-huit livres pour la terre mêlée; dix-neuf livres pour l'argille & le tuf; enfin, vingt-deux livres pour la terre graffe mêlée de cailloux. Le tout fondé fur la différence des terres & de leur pefanteur. Selon les épreuves qui en ont été faites, un pied cube de terre ordinaire pefe cent & une livres; le pieds cube de fable fort pefe cent vingt-fix livres; le pied cube de terre mêlée pefe cent trente-trois livres; celui d'argille & de tuf pefe cent trente-neuf livres; enfin, celui de terre graffe mêlée de pierres & cailloux pefe

cent soixante livres. Par conséquent, une toise cube de terre ordinaire doit peser vingt-un mille huit cents seize livres; une toise cube de sable fort, vingt-sept mille deux cents seize livres; une toise cube de terre mêlée, vingt-huit mille sept cents vingt-huit livres; une toise cube de terre d'argille & de tuf, trente mille vingt-quatre livres; & une toise cube de terre grasse mêlée de pierrailles & de cailloux, pesera trente-quatre mille cinq cents soixante livres. Ce qui fait une différence du premier au second, de cinq mille quatre cents livres; du second au troisieme, de mille cinq cents douze livres; du troisieme au quatrieme, de mille deux cents quatre-vingts-seize livres; enfin, du quatrieme au cinquieme, de quatre mille cinq cents trente-six livres. Comme ce sont des épreuves très-aisées à faire, puisqu'il ne s'agit que de peser un pied cube de chaque sorte, je les crois vraies, peut-être à quelques petites choses près, qui ne seront dans la pratique d'aucune conséquence.

Pour ce qui est des mesures du Rhin, j'ai fait mon calcul à raison de la différence de vingt-neuf à trente: c'est-à-dire à raison de ce que vingt-neuf pieds de France font trente pieds du Rhin, ou réciproquement.

Enfin, comme je ne peux pas assurer par moi-même la quantité précise de poudre qu'il faut dans une mine, n'ayant encore fait aucune épreuve pour cela, on se réglera sur ce qui est déja reçu à ce sujet. Je sais très-bien qu'en cela un homme du métier chargé de la direction des mines, doit mettre quelque chose du sien, soit pour augmenter, soit pour diminuer les charges; mais, en tout cas, les Tables peuvent toujours lui servir, ne fut-ce que pour avoir quelques regles fixes auxquelles il pût se conformer, tant pour l'addition que pour la diminution qu'il y voudroit faire.

M. de Valiere ne semble faire, dans sa Table insérée ci-après, aucune distinction des différentes sortes de terre dans lesquelles on est souvent obligé de miner ; ce qui me fait conjecturer qu'il n'a eu en vue que la terre la plus commune.

TABLE.

De M. de Valiere pour la charge des mines.

Hauteur des terres au-dessus de la Poudre.	Poudre. Liv.	Onc.	*Hauteur des terres au-dessus de la Poudre.*	Poudre. Liv.	Onc.	*Hauteur des terres au-dessus de la Poudre.*	Poudre. Liv.	Onc.	*Hauteur des terres au-dessus de la Poudre.*	Poudre. Liv.	Onc.
1	0	2	11	124	$12\frac{1}{2}$	21	868	$3\frac{1}{2}$	31	2792	$4\frac{1}{2}$
2	0	12	12	162	0	22	998	4	32	3072	0
3	2	$8\frac{1}{2}$	13	205	$15\frac{1}{2}$	23	1140	$10\frac{1}{2}$	33	3369	$1\frac{1}{2}$
4	6	0	14	257	4	24	1296	0	34	3680	12
5	11	$11\frac{1}{2}$	15	316	$4\frac{1}{2}$	25	1558	$9\frac{1}{2}$	35	4019	$8\frac{1}{2}$
6	20	4	16	384	10	26	1647	12	36	4074	0
7	32	$2\frac{1}{2}$	17	468	$9\frac{1}{2}$	27	1815	$4\frac{1}{2}$	37	4748	$12\frac{1}{2}$
8	48	0	18	546	12	28	2058	0	38	5144	4
9	68	$5\frac{1}{2}$	19	643	- $\frac{1}{2}$	29	2286	$7\frac{1}{2}$	39	5561	$2\frac{1}{2}$
10	93	12	20	750	0	30	2530	4	40	6009	0

(1)

(1) Suivant l'extrait noté ci-devant, d'une lettre de M. de Vauban, on voit que la différence entre les articles marqués dans cette lettre & les correspondants dans la Table ci-dessus, est à peu près d'un quart à ajouter aux sommes des premiers, lorsqu'on a passé dix pieds. Selon M. de Vauban, pour dix pieds de moindre résistance, il faut quatre-vingts-six livres de poudre : selon M. de Valiere, il en faut quatre-vingts-treize livres. Selon M. de Vauban, vingt pieds de moindre résistance demandent six cents livres ; selon M. de Valiere, sept cents & cinquante livres ; selon le premier, pour trente pieds, il faut deux mille livres ; selon le second, pour trente pieds deux mille cinq cents & trente livres. Enfin, l'un pour quarante pieds veut quatre mille huit cents livres, & l'autre six mille livres. Ceci, au reste, n'est qu'une suite d'une de ses lettres : car, selon ses Tables insérées dans plusieurs Livres de l'Attaque & de la Défense des Places, il n'en est pas

Des mines sous le rempart & dans la maçonnerie.

Je parlerai le plus succinctement qu'il me sera possible, des contre-mines dans l'épaisseur des terres d'un rempart & dans la maçonnerie. Qu'on mine sous un rempart ou dans les terres d'un glacis, c'est bien à peu près la même chose, eu égard à la mine : toute la différence est, qu'il y aura vraisemblablement plus d'ouvrage & de difficulté à percer dans la maçonnerie, & qu'il y faudra plus de poudre. (1)

Supposons qu'il faille miner dans l'épaisseur de quelques gros corps de maçonnerie, comme dans les piles d'un pont de pierre que l'on voudroit faire sauter : sachant leur hauteur, longueur & largeur, on y perce une galerie, avec un ou deux retours, faisant

tout-à-fait de même. Ce qu'il y a de meilleur dans lesdites Tables, est la distinction qu'il a faite des différentes sortes de terre pour montrer leur rapport avec la quantité de poudre que chacune d'elles exige.

(1) M. de Vauban, dans la même lettre dont j'ai mis ci-devant un Extrait en note au sujet de la poudre qu'il faut pour des mines qui n'ont que de la terre à enlever, dit, par rapport à la maçonnerie : » Mon sentiment est de donner pour » dix pieds d'épaisseur, cent livres; pour » vingt pieds, huit cents livres; pour quarante-six, mille quatre cents livres; cela » étant le moins qu'on puisse en mettre; » & même il en faudroit davantage, si » la poudre étoit logée plus bas que le » fond du fossé : car en ce cas, vous jugez bien que le rez-de-chaussée arcbouteroit davantage contre la mine; & en » ce cas, il faudroit mettre cent & cinquante livres pour dix pieds d'épaisseur, & mille deux cents livres pour » vingt pieds. Si vous faites votre mine » près d'un angle rentrant, il faut y avoir » égard; voilà l'essentiel : car pour le » logement de votre poudre, qu'il soit » quarré ou rond, cela n'est point de » conséquence, sinon qu'il faut établir ledit logement plus bas que la galerie de » contre-mines, de la hauteur de la » poudre qui sera dans icelui; ce qui fait » que l'auget qui est au fond portera dans » le milieu. "

Suivant cette note, il me semble que ce n'est que par estime que M. de Vauban détermine généralement la quantité de poudre qu'il faut pour la charge des mines dans la maçonnerie, & qu'ainsi il est libre à tout Ingénieur & bon Mineur de faire aussi leur estime, & de régler la charge de leurs fourneaux selon les cas où ils se trouvent.

faisant en sorte que les chambres se trouvent précisément dans la ligne du milieu, & à une distance, l'une de l'autre, proportionnée à leurs lignes de moindre résistance. Si l'on veut miner deux piles en même-temps, on fait les entrées, l'une vis-à-vis de l'autre, & l'on mesure exactement les distances, pour mettre d'un seul foyer, le feu aux fourneaux des deux piles, qui, de cette façon, doivent enlever trois arches du pont. (1) On en enlevera de cette maniere autant que l'on voudra. Que si les piles, à cause de leur longueur, demandent chacune plus d'une

(1) Voyez ce qui est rapporté dans le second Tome de l'Attaque & de la Défense des Places, soi-disant par M. de Vauban. Il y est parlé de la démolition du pont d'Huy. On y peut voir aussi beaucoup d'épreuves sur les mines & les différentes manieres dont on s'y est pris pour démolir quantité d'ouvrages anciens & modernes, la plupart en maçonnerie, comme des tours, des magasins, des puits, &c.; ce qui peut servir d'instruction à ceux qui se trouveront dans le cas d'en faire usage. Même on peut voir tous ces faits dans plusieurs Livres qui se sont répété les uns d'après les autres, & dont je n'ai pas jugé devoir être l'écho. Il est bien naturel de chercher, autant qu'il est possible, le dessous des ouvrages qu'on veut démolir radicalement, de se donner de la résistance, à proportion de l'effet qu'on veut que la mine fasse, de se jetter d'un côté plutôt que d'un autre, si la chose & la raison le demandent. Sans doute, qu'avec de la poudre, on enlevera de la terre & des pierres; mais pour enlever telle masse de terre ou de maçonnerie, pour faire tel effet à telle & telle distance, combien faut-il exactement de poudre? voilà l'état de question. L'air entre-t-il pour quelque chose dans l'effet de la mine? n'y entre-t-il pour rien? ou pour combien y entre-t-il? s'il y entre pour peu ou pour beaucoup, pourquoi a-t-on si fort négligé de s'en éclaircir? Il me semble que la chose en méritoit bien la peine.

Il me reste à conclure de tout ce qui s'est fait jusqu'ici concernant les mines, qu'un homme entendu peut s'en servir comme de guide, & non comme d'un maitre à qui il doive obéir aveuglement. Il verra ce qu'il y a de meilleur, & il en usera, sauf à y ajouter ou diminuer ce qu'il jugera à propos. S'il change les choses en tout ou en partie, ce n'est vraisemblablement que pour les amener par les voies les plus courtes, les plus simples, & en même-temps les plus sûres, au but qu'il s'est proposé.

ouverture dans leur épaiſſeur, on les y fera à proportion de ce qu'il en fera beſoin.

Pour ce qui eſt de miner dans la maçonnerie d'un rempart; ou bien l'on veut établir le fourneau dans l'épaiſſeur de la muraille, dans celle de quelqu'un de ſes contre-forts; ou bien l'on ſe propoſe de mettre ſimplement la poudre dans les terres qui ſont derriere. Pour un fourneau dans la maçonnerie, on doit naturellement ſuppoſer un mur aſſez fort pour fournir une ligne de réſiſtance convenable. (1) On doit auſſi avoir attention à l'objet d'une telle mine.

Si c'eſt une mine de l'aſſiégeant, pour faire breche au rempart, il importe peu qu'elle ſoit dans la maçonnerie ou dans les terres, pourvu qu'il y ait aſſez de réſiſtance pour faire l'effet deſiré.

Si c'eſt pour renverſer & démanteler un ouvrage, il faut percer du fond du foſſé pluſieurs rameaux d'une certaine longueur, avec quelques pieds de retour. Cela fait, on charge & on bourre les mines à la maniere ordinaire. Si c'eſt dans la maçonnerie, on fait en ſorte que le bourrage ait plus de conſiſtance que dans la terre.

Mais s'il ne s'agit que d'un rempart ordinaire avec des terres derriere la maçonnerie & au-deſſus, on ne fait que percer le

---

(1) En ce cas, il faut que ce ſoit une maçonnerie très-conſidérable, avec des contre-forts tels qu'autre fois nos peres les ont faits, & comme on en voit encore dans la plupart des vieilles Places, qui n'en ſont pas plus mauvaiſes pour cela. PLANCHE V. Peut-être la muraille ſervira-t-elle elle-même de pied droit pour ſoutenir la voûte d'une galerie d'enveloppe ſous le rempart du baſtion, comme en la Figure 4. & à ſon profil, Figure 5. Dans un cas pareil, avec un fourneau bien placé, on fera breche au rempart, & on crevera la galerie de contre-mine de l'ennemi. Tout cela ſe comprend aiſément à l'aide des Figures.

mur de part en part, pour faire intérieurement un ou deux retours, à l'extrêmité desquels on loge les poudres, comme il se voit en la Figure 2ᵉ., où j'ai marqué trois rameaux : le premier A, percé dans un des contre-forts, avec des retours avancés jusque dans les terres de chaque côté; le second B, entre deux contre-forts auxquels aboutissent ses deux retours, pour faire les chambres de mines précisément à leurs racines; le troisieme C, jusqu'à la racine d'un contre-fort pour y établir un fourneau. On en fait, si l'on veut, un second un peu plus à droite dans les terres. PLANCHE V.

On observe pour le meilleur effet des mines, de mettre le plus qu'il est possible les poudres jusque sous le fondement, & d'en régler la quantité selon les lignes de moindre résistance. On observe aussi de faire les rameaux à telle distance les uns des autres que l'effet de leurs fourneaux se touchent, afin d'enlever, si l'on veut, d'un seul coup, toute une face d'un ouvrage, en mettant le feu à tous les fourneaux en même temps; ce qui est une chose fort aisée. (1)

(1) C'est à-peu-près de cette maniere que s'est fait la démolition de plusieurs ouvrages à la Ville & à la Citadelle de Tournay, immédiatement après que les François l'eurent prise en 1745. Pour mettre le feu à vingt ou trente fourneaux en même-temps par le fossé d'un ouvrage, le Mineur, M. de B. avoit inventé des boites oblongues, au fond desquelles l'auget & la faucisse venoient se reposer à l'entrée des rameaux, où elles étoient affermies de maniere qu'il ne fût pas aisé de les déranger. Il y avoit à chacune un couvercle qui glissoit horisontalement dans le milieu, par le moyen d'une ouverture faite exprès, pour que tout fût exactement fermé, & qu'il n'arrivât aucun accident à la poudre enfermée dans la case inférieure de la boite. On avoit attaché aux couvercles, d'une boite à l'autre, un cordeau bien tendu, par le moyen duquel on ouvroit en un instant toutes les boites. Ainsi, ayant mis sur chaque couvercle, dans la case supérieure de la boite qui demeuroit ouverte, trois brins de mêche passés l'un dans l'autre; & allumée par

Allons plus loin, & fuppofons un mur de dix ou douze pieds d'épaiffeur par en-bas, avec quarante-huit ou cinquante pieds de terre par-derriere; ce qui eft affez ordinaire; je crois que, dans un cas pareil, le parti le plus fûr feroit de percer dans la maffe, un rameau de vingt ou vingt-deux pieds de longueur, & d'y faire un ou deux retours pour y mettre une charge de poudre capable d'ouvrir l'ouvrage de part en part. Il en coûteroit vraifemblablement quelques livres de poudre de plus; mais auffi l'effet en feroit plus décifif.

Cas de Cafemates en largeur fous le rempart.

Dans le cas où il y auroit des Cafemates fous le rempart, comme il fe voit dans la Figure 3e., j'ai marqué en F, à peu-près la maniere de faire un rameau dans l'épaiffeur de la maçonnerie; & en G, celle de percer d'outre en outre le révêtement, pour faire des retours de chaque côté, dans les terres : (ce qui eft pour l'affiégeant qui voudroit faire breche par la mine, & ruiner les galeries de contre-mines de fon ennemi.) Ceux de la Place peuvent déboucher où ils veulent de leurs Cafemates, pour aller avec de petits rameaux jufqu'en H & en I, à la rencontre de leurs ennemis, comme il fe voit dans la même Figure 3e. On peut auffi d'une telle Cafemate, percer dans la maçonnerie un petit rameau K, avec fon retour. Voyez les deux profils, Figure 4e. & 5e., le premier pris fur la largeur du rem-

PLANCHE V.

---

les fix bouts, il falloit néceffairement que cette mêche tombant fur la poudre y mit le feu; ce qui a parfaitement réuffi, & ce qui ne peut manquer de réuffir toutes les fois que l'on voudra s'en fervir.

On a vu par-là l'inutilité de cette quantité d'ouvrages en galeries & en rameaux avec leurs tours & détours tels qu'on les trouve dans plufieurs Livres. Les moyens les plus fimples font le plus fouvent capables des plus grands effets; il n'eft queftion que de les connoitre, & d'ofer s'en fervir. Ceci me ramene encore aux épreuves que je ne faurois trop recommander à ceux qui font en état de les faire.

part, le fecond, fur fa longueur. J'aurai peut-être l'occafion de parler plus particuliérement en quelqu'autre endroit de ces fortes de menées fous terre.

La Figure 6e. repréfente une longue galerie pratiquée fous un baftion, avec des traverfes comme il y en a ordinairement, & comme il doit y en avoir dans des ouvrages pareils.

Enfin, de quelque maniere que foient conftruits les fouterreins, on s'en fert comme on peut, & autant que l'on peut, pour pouffer des rameaux jufqu'aux endroits où l'on juge avoir befoin de quelques fourneaux de contre-mines.

Je fis, il y a quelques années, une épreuve pour favoir combien de temps la poudre pouvoit refter fous terre fans fe gâter. Pour cet effet, je me fervis de trois caiffes de fapin, dont l'une contenoit quinze livres de poudres, & les deux autres chacune quatre livres. Je fis à une des deux petites & à celle de quinze livres, un double encaiffement, de maniere qu'il reftoit en tous fens un pouce & demi de vuide entre la caiffe & fon enveloppe, l'une & l'autre bien poiffées & goudronnées en-dehors & en-dedans. J'appliquai à la grande caiffe un bout d'auget de cinq pieds de hauteur, avec un autre bout de quatre pieds, en équerre fur le premier, pour faire paffer, de l'un à l'autre, la fauciffe jufqu'au centre de la caiffe, pour laquelle j'avois fait faire un emplacement fous terre, de maniere que le premier auget remontoit par le côté du puits, & le fecond pofoit horifontalement fur le premier, à un pied fous terre, l'un & l'autre bien poiffés en-dedans. J'avois auffi mis la petite caiffe avec fon enveloppe, auffi profondément en terre que la plus grande. La troifieme qui n'étoit qu'une petite caiffe fimple, fut mife tout uniment au fond du puits, lequel fe trouvoit à environ un pied & demi au-deffus de l'eau du foffé qui en étoit proche; le tout dans une terre noire,

Epreuve pour favoir combien de temps la poudre peut refter fous terre fans fe gâter.

fort ordinaire dont le puits fut rempli, & les augets recouverts tout de suite. Ceci se fit le 25 Avril 1760.

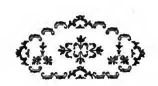
Le 11 Mai, j'examinai l'état du bout de la saucisse à un pied sous terre, & je trouvai la poudre seche, quoiqu'il eût plu deux fois assez abondamment, dans l'intervalle des dix-sept jours que la poudre avoit séjourné sous la terre. Je fis ensuite déblayer le puits, duquel je tirai la petite caisse simple, où la poudre se trouva précisément comme je l'y avois mise; cela étant, je ne cherchai pas, pour ce moment, plus loin, & je fis remettre la terre dans le puits, sans toucher ni à l'auget, ni aux caisses doubles.

Le 31 Mai, je fis rouvrir le puits pour la seconde fois. La poudre du bout de la saucisse à un pied sous terre, n'étoit pas à la vérité corrompue; mais elle étoit bien prête à se corrompre. La partie de cette même saucisse qui descendoit dans le puits étoit tout-à-fait gâtée, jusqu'à quatre pouces de la caisse; d'où je jugeai que, dans la caisse même, la poudre étoit en bon état, quoiqu'elle eût été trente-six jours sous la terre. Dans la caisse simple, la poudre étoit encore seche, à la vérité; mais elle commençoit un peu à se condenser. Pourquoi la poudre qui étoit dans l'auget à un pied sous terre, étoit-elle encore passable, & pourquoi celle qui alloit au fond du puits étoit-elle gâtée? Je présume que le couvercle du premier avoit empêché l'eau de gagner la poudre, en l'obligeant à tomber des deux côtés de l'auget, & qu'à l'autre, il étoit resté en remuant les terres, quelques ouvertures par lesquelles l'eau s'étoit insinuée jusqu'en-bas. Je ne sais aussi si je fis bien d'envelopper la saucisse de foin, pour qu'elle ne touchât pas le bois. Enfin, je suis persuadé que si les augets étoient demeurés dans le même état, bien calfeutrés de poix & bien fermés, la poudre ne s'y seroit pas gâté sitôt.

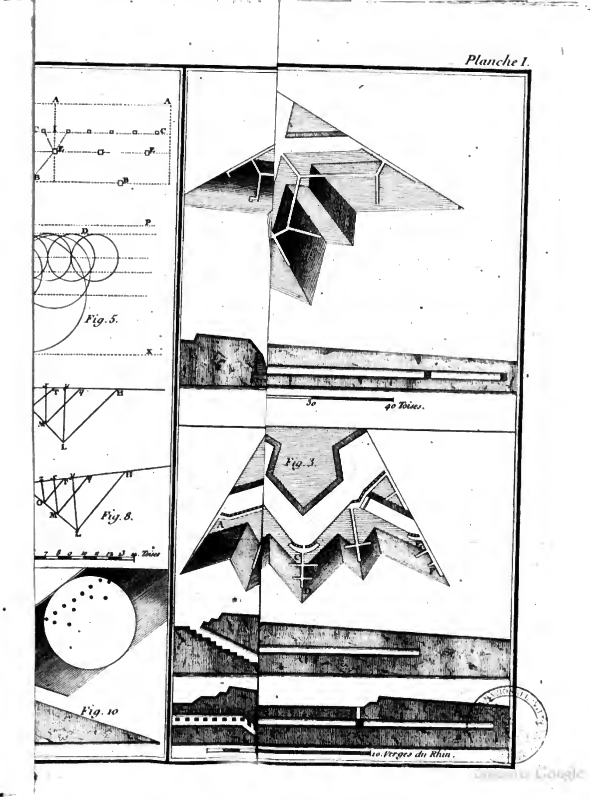
Avant de recouvrir le puits, j'ôtai les augets de la grande caiſſe, & la fit remettre dans ſon premier état, n'ayant point touché du tout à la ſeconde.

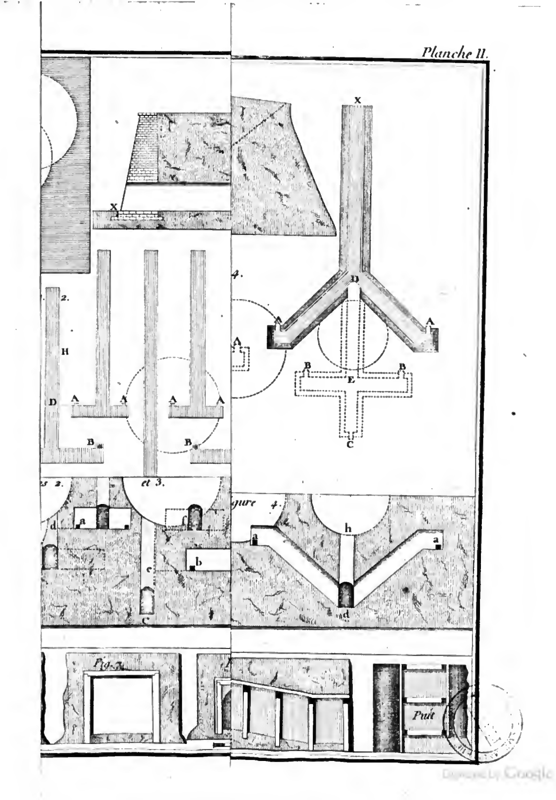
Le 17 Juin, la poudre de la plus grande caiſſe ſe trouva en bon état; mais celle de la petite caiſſe ſimple étoit déja condenſée. Je laiſſai la troiſieme ſous terre ſans y toucher.

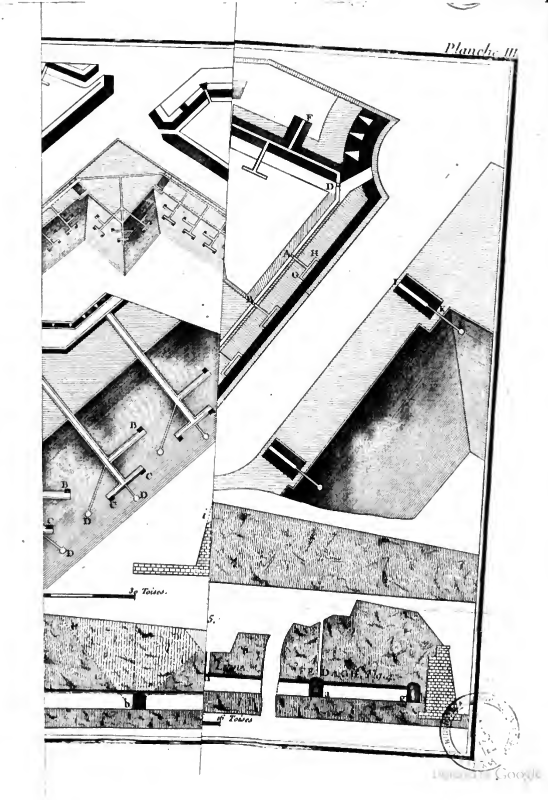
Enfin, je mis la grande caiſſe plus profondément en terre qu'elle n'étoit auparavant, pour que la partie d'en-bas touchât l'eau, & ſe trouvât d'un demi-pied plus baſſe que la ſurface du foſſé à côté, l'ayant laiſſé en cet état vingt jours de ſuite; je la retirai & je trouvai ſa partie vuide d'en-bas, pleine d'eau; & cependant la poudre n'étoit pas encore gâtée, non plus que celle de la troiſieme caiſſe qui étoit conſtamment reſté ſous la terre pendant plus de deux mois & demi. Il n'en étoit pas de même de la petite caiſſe ſimple dans laquelle la poudre étoit gâtée. Je conclus de cette épreuve, qu'on pourroit très-bien laiſſer la poudre pluſieurs mois dans les mines, ſi l'on avoit la précaution de la mettre dans des caiſſes & des augets doubles bien calfeutrés.



RECUEIL


A
A
C
I
C
L
L
B
B
P
D
Fig. 5.
X
T
H
M
L
O
M
L
Fig. 8.
Toises
Fig. 10
30
40 Toises.
Fig. 3.
A
C
D
10. Verges du Rhin.


X
X
2.
H
D
A
A
A
A
B
B
4.
A
A
A
D
B
B
E
C
2.
et 3.
a
d
f
b
c
C
gure 4.
h
a
a
d
Fig. 3.
Puit


Planche III.
30 Toises.
16 Toises.

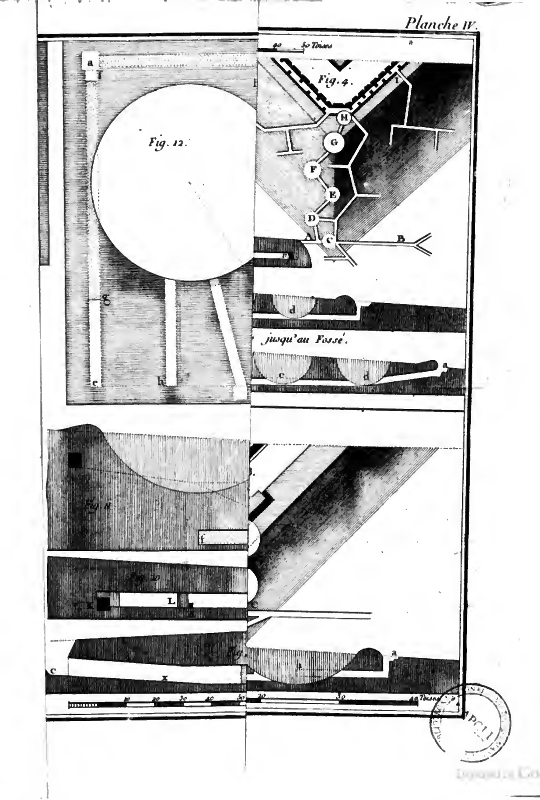
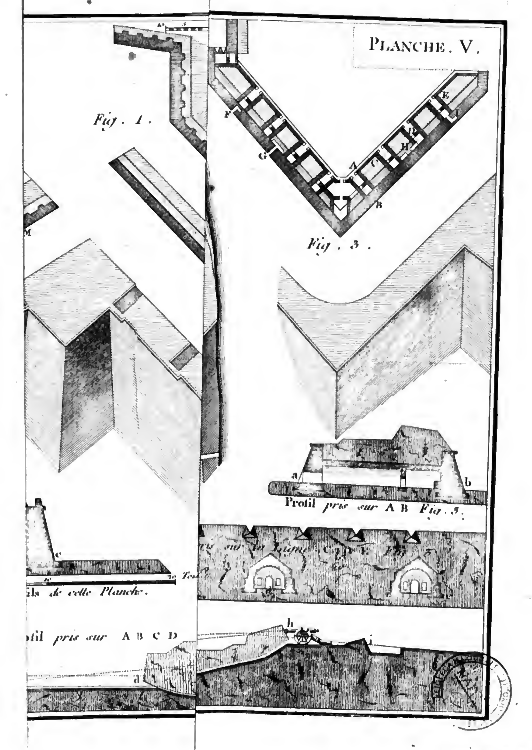


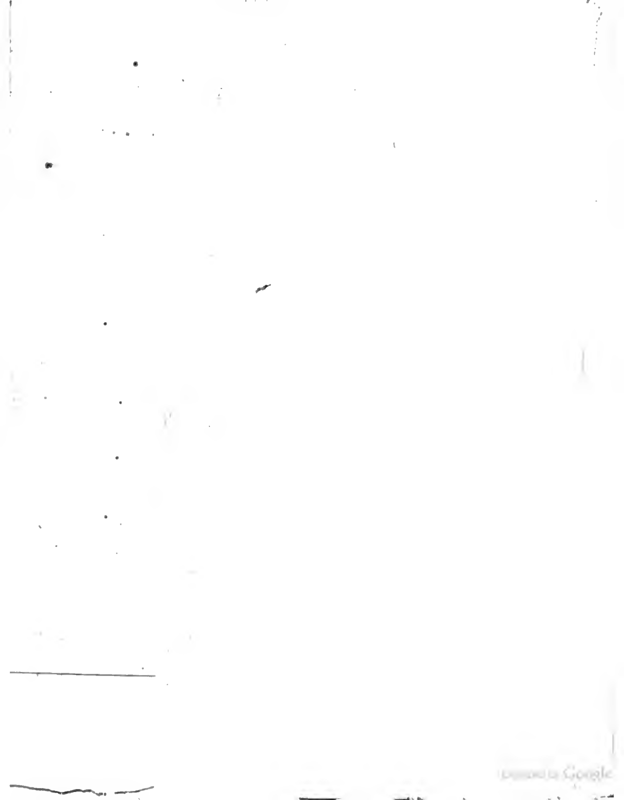
Fig. 4.
Fig. 12.
jusqu'au Fossé.
Fig. 11.
Fig. 10.
L
Toises

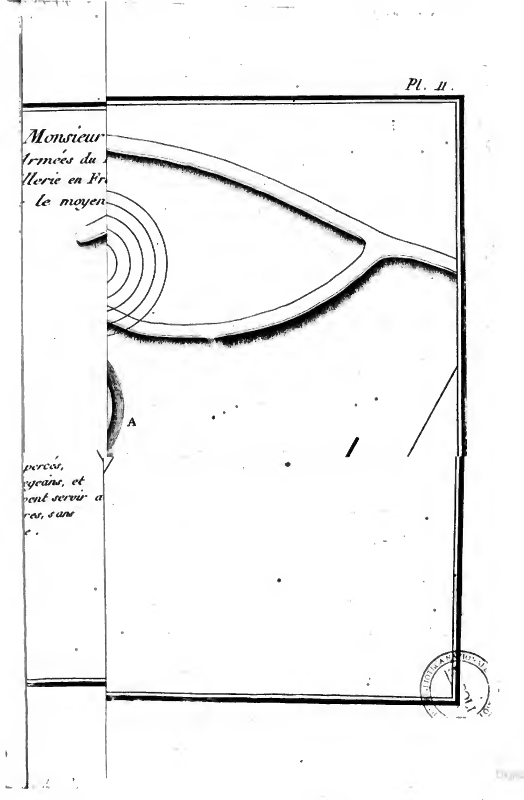

PLANCHE . V.
Fig . 1 .
Fig . 3 .
A
B
C
D
E
F
G
H
M
a
b
Profil pris sur A B Fig . 3 .
c
ils de cette Planche .
ofil pris sur A B C D
d
h
i

PLAN des Contremines pour la deffence de la Place d'Armes qu'on a Executér à Bisij en 1753.

Z

Q

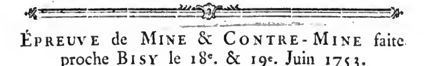



Monsieur
Armées du
llerie en Fr
le moyen
A
percés,
egeains, et
vent servir a
res, sans
e.

RECUEIL
DE QUELQUES
PIECES ET LETTRES
Relatives aux ÉPREUVES DU GLOBE DE COMPRESSION.

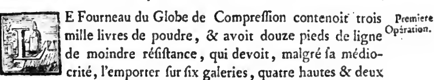


RECUEIL
DE QUELQUES
PIECES ET LETTRES
Relatives aux ÉPREUVES DU GLOBE DE COMPRESSION.



ÉPREUVE de MINE & CONTRE-MINE faite proche BISY le 18e. & 19e. Juin 1753.

Effet du Globe de Compression relativement au Procès-Verbal qui en a été fait en présence du Ministre de la Guerre, par M. DE CHATEAUFER, *Capitaine des Mineurs.*



LE Fourneau du Globe de Compression contenoit trois mille livres de poudre, & avoit douze pieds de ligne de moindre résistance, qui devoit, malgré sa médiocrité, l'emporter sur six galeries, quatre hautes & deux basses. La premiere de ces quatre galeries étoit éloignée de vingt- Premiere Opération.

ger subitement en tranchée de dix pieds de profondeur sur vingt-quatre de large, soixante toises de galeries de contre-mine par un seul feu : on a continué de changer de même en tranchées toutes les autres galeries qui enveloppoient la Place d'armes rentrante, tant en-dehors qu'en-dedans du chemin-couvert, dont la quantité montoit à deux cents & cinquante toises ; ce qui n'a exigé en tout que trois opérations, dont chacune n'a duré que deux ou trois minutes avec un succès qui a été au-delà de toute espérance : ainsi l'on peut dire que jamais on n'a brûlé vingt mille livres de poudre plus utilement.

Copie d'une Lettre du Roi de Prusse à Mr. de B.

Mon Capitaine des Ingénieurs le Febvre, m'a communiqué la réponse que vous lui avez faite aux questions qu'il vous a proposées sur le Globe de Compression ; j'ai admiré avec quelle netteté & avec quelle simplicité vous exposiez ce qui n'a pu être que l'effort d'un génie inventif & créateur. Vos rares talents me sont connus depuis long-temps, & votre savoir vous avoit mérité mon estime, avant que le service que vous me venez de rendre, vous eût gagné ma bienveillance. Je vous saurai toujours un gré infini des lumieres & des éclaircissements que vous donnerez à ceux qui sont à mon service. Un homme né pour éclairer les autres, ne doit cacher ses lumieres qu'autant que le devoir le lui ordonne. Soyez persuadé de ma reconnoissance, & de l'envie que j'ai de vous en donner des marques. A Potsdam, le 20 Avril 1754.

FRÉDERIC.

Copie d'une autre Lettre du Roi de Prusse à M. de B.

Monſieur de B., vous forcez depuis long-temps tout le monde à vous admirer, par les progrès rapides & ſurprenants que vous faites dans les connoiſſances qui ſont du reſſort du Génie ; il ſemble que vous voulez marquer les bornes de cette ſcience : mais ce qu'on ne ſauroit trop admirer en vous, parce que les beaux génies ne payent que trop ſouvent par-là le tribut à l'humanité, c'eſt que vous n'enfantez jamais de ces projets que le cabinet voit naître & mourir. Si votre génie inventif découvre quelque choſe, votre coup d'œil ſûr en apperçoit les effets, & votre modeſtie vous les fait annoncer preſque toujours un peu au-deſſous de ce qu'ils doivent être. J'ai eu de quoi m'en convaincre par l'épreuve que j'ai fait faire de votre Globe de Compreſſion, découverte d'autant plus précieuſe, qu'elle fait ſervir pour la premiere fois la poudre à la conſervation des hommes. J'ai fait faire trois grandes galeries en parallélogramme : les deux galeries paralleles avoient cent & cinq pieds de long ; la profondeur de l'une étoit de quinze pieds, & l'autre de 18 ; les diſtances de la chambre étoient pour l'une de vingt-quatre pieds, & pour la ſeconde, de trente-deux ; la troiſieme galerie qui communiquoit avec les deux autres, étoit éloignée de la chambre de quarante & un pieds ; ſa profondeur de huit : dans toutes ces différentes meſures, je ne comprends pas la hauteur des galeries qui étoient de cinq pieds & demi ſur trois de largeur. J'ai fait conſtruire encore une autre galerie à vingt-cinq pieds de profondeur qui traverſoit à côté de la galerie qui ſe trouvoit à droite juſques vers le fourneau, pour ſavoir ſi l'effet de la poudre ſe dirigeoit auſſi vers le centre de la terre. Dans une des

grandes galeries, j'ai fait faire une voûte maçonnée, de trente & un pieds de longueur; le rameau par où on alloit à la chambre, étoit de soixante pieds de long sur trois de haut; la caisse de la poudre étoit composée de quatre pieds cubiques, & la charge de trois mille cinq cents livres: par le rameau où on alloit à la chambre, on avoit construit à la distance de trente pieds du grand fourneau, un petit fourneau chargé de cent livres, pour savoir si le rameau bourré seroit crevé comme les galeries ouvertes. Voici l'effet qui suivit. La grande galerie qui étoit éloignée de trente-deux pieds de la chambre, fut crevée sur soixante & quatorze pieds de long; la seconde, éloignée de vingt-quatre, & celle où j'avois fait construire la voûte de maçonnerie, fut crevée sur quarante & un pied de long, quant à l'étançonnement, & sur vingt pieds, quant à la maçonnerie. Celle qui communiquoit aux deux autres, fut crevée sur toute sa longueur; la galerie la plus basse a été crevée de trente-huit pieds. Je fis ensuite mettre le feu au petit fourneau, qui à la vérité prit feu; mais la terre ayant été bouleversée par l'effet du Globe de Compression, il ne fit que souffler; en sorte que s'il y avoit eu des ouvriers à couronner le grand entonnoir, ils n'auroient couru aucun risque. La terre où l'épreuve a été faite, est sablonneuse, mais mêlée d'un peu d'argille; les étançons étoient pourtant si forts, & les galeries si solidement construites, que je crois sans peine que cela a suppléé au peu de résistance de la terre. La nécessité de cette épreuve me fait desirer de plus en plus tout ce qui viendra de vous; & tout ce que vous voudrez m'envoyer me sera infiniment précieux, & je me ferai un plaisir de saisir les occasions où je pourrois vous témoigner mon affection. A Potsdam, le 12 Mai 1754.

FRÉDERIC.

COPIE d'une Lettre du Capitaine-Ingénieur LE FEBVRE *à M.* DE BELIDOR.

J'ai l'honneur de vous envoyer ci-joint le plan de l'épreuve que j'ai faite par ordre du Roi le mois passé, & dont je vous ai déja parlé dans ma derniere Lettre. Je vous dirai que nous n'avons eu qu'un terrein de sable mouvant & fort ingrat : j'ai jugé que si un semblable terrein étoit plus susceptible de compression, la ligne de moindre résistance devoit résister moins à proportion ; ce qui m'a déterminé à mettre le centre de mes poudres sous une ligne de quinze pieds de moindre résistance au-lieu de douze : & selon l'épreuve, j'ai bien fait. Mon fourneau étoit environné de trois galeries à différentes distances & différentes profondeurs sous l'horison, comme vous pourrez le voir par les plans & les profils. Il y avoit outre cela une galerie qui passoit à vingt & un pieds sous le fourneau. Après avoir fait jouer la mine, la premiere galerie G I, de cent & cinq pieds de longueur, maçonnée sur trente pieds, depuis H jusqu'au débouché du point I, s'est trouvée crevée du côté de la maçonnerie, jusqu'à quarante pieds du centre du fourneau ; de façon qu'il n'est resté depuis P jusqu'en I que neuf pieds de maçonnerie, encore étoient-ils resté extérieurement à plus de quatre pouces de leurs pieds droits. Il est à remarquer que la force de cette partie de galerie étoit d'autant plus grande, qu'étant déja faite de bois de la même force de toutes les autres, on y avoit ajouté la force de la maçonnerie. La même galerie G I. a été crevée du côté de son entrée jusqu'à quarante-deux pieds du centre du fourneau ; ainsi elle a été crevée depuis T jusqu'en P sur une longueur de soixante-cinq pieds, de cent & cinq qu'elle avoit. Elle étoit de cinq pieds de hauteur & de trois de

quatre de largeur dans œuvre; elle étoit auſſi de vingt pieds de profondeur ſous l'horiſon du côté du puits, & de moins du côté de l'entrée à proportion de ce que le terrein alloit en inclinant de cinq pieds trois pouces ſur cent. La ſeconde galerie L K s'eſt trouvée crevée ſur toute ſa longueur qui étoit de cinquante-quatre pieds, une de ſes extrêmités L étant à près de cinquante-deux pieds du centre du fourneau, & l'autre extrêmité K étant à quarante-ſept pieds & demi. Elle étoit de même hauteur & largeur que la premiere, mais à douze pieds ſeulement de profondeur ſous l'horiſon. La troiſieme galerie N M a été crevée juſqu'à quarante-huit pieds du centre du fourneau, & du côté de ſon entrée juſqu'à quarante-neuf pieds. Elle a donc été ſur la longueur de ſoixante & douze pieds, de cent & cinq qu'elle avoit été: elle étoit de même hauteur que les autres, mais à dix-ſept pieds de profondeur ſous l'horiſon du côté du puits. La quatrieme galerie F A, qui étoit à trente-ſix pieds ſous l'horiſon, & à vingt-un ſous le centre du fourneau, a été crevée horiſontalement ſur la longueur de trente-neuf pieds, & ſur celle de quarante-trois, meſurés diagonalement du centre du fourneau A juſqu'au point de la galerie V. Tous les chaſſis des galeries étoient compoſés de poutrelles de ſapin de ſix & huit pouces quarrés, y ayant par-tout deux pieds d'intervalle d'un chaſſis à l'autre; le deſſus, les côtés, le fond même étant parfaitement bien garnis de bouts de planches d'un & demi pouce d'épaiſſeur, pouſſés à force entre la terre & les chaſſis, les unes ſervant à recouvrir les autres, de façon que le ſable, quelque mouvant qu'il pût être, ne pût paſſer en aucun endroit. Elles ont été jugées par tous ceux qui les ont vues, plus fortes que la maçonnerie. L'entonnoir de la mine a eu ſoixante-ſix pieds de diametre ſur dix-ſept à dix-huit de profondeur; elle étoit chargée de trois mille cinq cents

livres. J'y avois ajouté un petit fourneau D, au bout du rameau C D, qui étoit chargé de cent & dix livres de poudre, & bourré comme il se pratique ordinairement; parce que je voulois voir si, après l'effet de la grande mine, on y pourroit encore mettre le feu; ce dont pourtant je n'avois jamais douté. Car il est presqu'impossible que tout le terrein se trouve tellement comprimé à une certaine distance, que l'auget en soit totalement brisé, & la saucisse séparée de façon que la poudre ne puisse plus se communiquer. Il faudroit encore pour cela qu'il se trouvât de la terre ou du sable entre; ce qui est du tout impossible. Le petit fourneau a donc pris lorsqu'on y a mis le feu; mais il n'a fait que souffler dans le grand entonnoir; de sorte que toutes les pieces, même celles qui avoient servi à bourrer près de la caisse, n'étoient point sorties de terre, & nous les avons trouvées, en fouillant, dans le même arrangement qu'elles avoient été posées; ainsi une telle mine n'auroit fait son effet que jusqu'où le feu auroit pu se porter : car comme je viens de le dire, il n'est pas sorti un morceau, ni des bois, ni des briques, ni des gazons qui avoient servi à bourrer la mine. On a vu aussi après, que le grand entonnoir étoit égal par-tout; ce qui n'auroit point été si la petite mine avoit fait un grand effet. Il est à remarquer que je n'ai marqué les distances du centre du fourneau que jusqu'aux lignes des galeries qui l'environnent intérieurement. Le terrein, comme je l'ai déja dit, alloit en inclinant de cinq pieds trois pouces sur cent; ce qui formoit une espece de glacis. J'avois commencé par faire creuser un bout de tranchée, au fond de laquelle j'avois fait un puits & trois entrées de galeries, dont le commencement alloit en taluant comme une descente de fossé : c'est ce qu'on peut voir par les profils. Il y avoit outre cela deux puits plus haut, afin de pouvoir descendre dans les galeries après que la mine eut

ſauté, & voir juſqu'où l'effet s'en eſt fait. Comme cette épreuve ſe trouve d'une nature un peu différente de la vôtre par rapport au terrein, à la diſpoſition des galeries, & à la charge, je ne doute pas que vous n'en tiriez des conſéquences particulieres. Sa Majeſté a été extrêmement ſatisfaite de la réuſſite; & pendant pluſieurs jours, il n'a été queſtion que de vous, tant chez le Roi, que dans le puits. Sa Majeſté, afin que cela ne parvienne pas à la connoiſſance des étrangers, a défendu à ſes Gazetiers d'en rien marquer dans leurs Gazettes. J'eſpere, MONSIEUR, que vous voudrez bien m'en dire ce que vous en penſez; je ſais que Sa Majeſté a écrit à M. d'Argenſon ainſi qu'à vous.



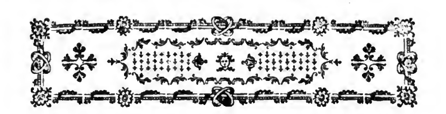
NOUVEAU

TRAITÉ

DU

NIVELLEMENT.

DÉDIÉ AU ROI DE PRUSSE.



AU ROI.



IRE,

Après avoir rempli l'Europe de la gloire de vos armes, vous avez destiné le temps de la paix à la réformation de la Justice, au progrès des Sciences, du Commerce & des Arts, à tout ce qui peut contribuer au bonheur de vos Peuples. La communication entre les différentes Provinces est d'un si grand avantage, qu'un des premiers soins de VOTRE MAJESTÉ *ne pouvoit*

manquer d'être la jonction des rivieres de votre Royaume, la construction des canaux & des écluses qui pouvoient la faciliter.

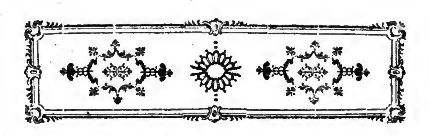
Après avoir inspiré aux hommes l'amour de la gloire & le respect des Loix, rien en effet n'est si digne d'un Souverain que ces grands Ouvrages qui changent en quelque sorte la surface de la terre, qui forment des Ports dans les lieux qui étoient à la merci des tempêtes, qui forcent les fleuves de porter leurs eaux à la Mer par des routes nouvelles & plus utiles.

Dans le Livre que je mets aux pieds de VOTRE MAJESTÉ, *je lui rends en quelque façon compte du travail dont elle m'a fait l'honneur de me charger, & j'ose lui présenter quelques pratiques nouvelles dont j'ai essayé d'enrichir l'Art. Je suis avec le plus profond respect,*

SIRE,

DE VOTRE MAJESTÉ,

Le très-humble & obéissant
Serviteur,
LE FEBVRE.



AVANT-PROPOS.

On a reconnu par les dégrés du Méridien qui ont été mesurés en Laponie, en France & au Pérou, que l'axe de la terre étoit de 18340 toises plus petit que le diametre de l'Equateur, & que le rapport de l'un à l'autre étoit comme 177 à 178.

Il résulte de ces nouvelles Observations, que la terre doit être applatie vers les poles; que ce seroit une erreur, & en même-temps donner une fausse idée de la figure de la terre que de la supposer sphérique; mais comme cette erreur ne porte aucun préjudice sensible aux opérations d'un nivellement, & que la matiere deviendroit immense, sans être pour cela plus utile, si l'on vouloit avoir égard à la différence des lignes dans tous les sens, & selon les différents lieux par où l'on seroit obligé de passer en nivellant, j'ai conservé l'hypothese de la terre sphérique, comme la

figure la plus propre au but que je me suis proposé dans ce Traité, qui n'a proprement pour objet que de diriger l'œil & la main de celui qui est chargé de l'ouvrage d'un grand nivellement.

Si la différence de la figure de la terre causoit quelqu'erreur, ce seroit dans le haussement du niveau apparent par-dessus le vrai; mais cette erreur ne seroit sensible qu'à une très-grande distance.

M. Picard, de l'Académie Royale des Sciences de Paris, suppose dans son *Traité du Nivellement*, la terre sphérique*, & en détermine le diametre de . . . . 6538594 toises de France, qui, réduites en verges du Rhin, font . . . . 3382031 verges.

M. de Maupertuis & les autres nouveaux Observateurs, tant au Nord qu'à l'Equateur, ont trouvé que l'axe de la Terre devoit être de 6525600 toises de Fr., & le diametre de l'Equat. de 6562480 toises, desquelles sommes ajoutées ensemble, si l'on prenoit la moitié, ce seroit . . . . . . 6544040 toises qu'on pourroit prendre pour le diametre en tous sens.

Cette somme, réduite en verges du Rhin, feroit 3384848 verges pour le diametre, qui feroit alors plus grand que celui de M. Picard de 2817 verges, ou environ 2 lieues de France ; & en conséquence, on devroit à la rigueur ôter de chaque somme marquée dans la table pour le haussement des distances $\frac{1}{134}$e partie; ce qui pourtant, quand bien même on le laisseroit, ne pourroit causer aucune erreur sensible.

Car supposons un coup de niveau de 250 verges, ce qui ne laisse pas déja d'être considérable dans une pratique qu'on veut être exacte ; si pour ces 250 verges, on trouve dans la table des haussements 2 pouces 9 lignes, il s'agiroit d'en ôter $\frac{1}{134}$e partie ; ce qui revient à peu près à $\frac{1}{4}$ de ligne, & de dire que le haussement du niveau apparent par-dessus le vrai pour 250 verges, est de 2 pouces 8 lignes $\frac{3}{4}$, & ainsi des sommes des autres distances ; ce qui dans la pratique revient au même, & m'a engagé à laisser la table des haussements telle que je l'ai insérée dans le Traité, en supposant la terre sphérique, & son diametre tel que M. Picard l'a supposé.

Il est à observer que la verge du Rhin a 12 pieds, & la toise de France 6 pieds ; mais que la différence

du pied de France à celui du Rhin eſt celle de 29 à 30, c'eſt-à-dire que 29 pieds de France font 30 pieds du Rhin.

J'ajouterai que dans les ouvrages qui concernent les eaux, comme ſont les Digues, les Ecluſes, les Moulins, les Canaux, &c. lorſqu'il s'agit de quelque nivellement conſidérable, on ne ſauroit y procéder avec trop d'exactitude & de circonſpection. Mais comme un bon nivellement dépend principalement d'un bon Niveau, Meſſieurs Picard, De Lahire, Huyghens, Roemer & pluſieurs autres, ſe ſont fort appliqués à perfectionner cet inſtrument, chacun par des moyens différents pour arriver au même but.

Quoique ſelon le ſentiment général, M. Picard ait été celui de ces Académiciens qui a le mieux réuſſi, j'ai cependant remarqué dans la deſcription de ſon niveau quelques inconvénients qui ne marquent pas qu'il ſoit parvenu au degré d'exactitude requis dans ces ſortes d'ouvrages : mais comme ſon inſtrument eſt fort bon, à quelques petites corrections près qu'il étoit aiſé de faire, j'ai fait conſtruire à Berlin, à l'imitation du ſien, un niveau, qui étant fondé ſur les mêmes principes, a les mêmes propriétés; l'ayant rendu, au

reſte, plus commode & plus exact dans la pratique, par les changements que j'y ai fait. C'eſt ce qui m'a donné lieu de traiter cette matiere avec un peu plus de détail que l'on n'avoit fait juſqu'ici, ayant eu l'occaſion de l'approfondir dans le grand nivellement que j'ai fait des Rivieres de Havel & de Sprée, comme on le verra dans ce Traité, où je crois n'avoir rien laiſſé à deſirer ſur un ſujet de cette importance.





NOUVEAU TRAITÉ
DU
NIVELLEMENT.

CHAPITRE I.

De la Théorie du Nivellement.

1. L'Art de niveller eſt celui de connoître de combien un point pris ſur la ſurface de la terre eſt plus bas ou plus élevé qu'un autre point pris ſur la même ſurface : ou ce qui eſt le même, de combien il eſt plus ou moins éloigné du centre de la terre. En quoi conſiſte l'Art de niveller.

2. Cet art conſiſte en deux choſes principales, qui ſont, 1°. de chercher, trouver & marquer deux ou pluſieurs points de Voyez l'Avant-propos.

dante, est par la tangente au cercle, lorsque le point d'attouchement est précisément au milieu de la ligne : car alors les extrémités marqueront des points de niveau, comme il sera démontré.

marquer deux points de vrai niveau.

7. Mais si le point d'attouchement à la circonférence est à une des extrémités de la ligne, ou bien en quelqu'autre partie qui ne soit pas le milieu, alors elle ne marquera plus que le niveau apparent, puisqu'une de ses extrémités sera plus éloignée de la circonférence que l'autre. *Exemple.*

La tangente marque à ses deux extrémités des points de vrai niveau, dès que le point d'attouchement est au milieu de la ligne.

8. La tangente B C marque deux points du vrai niveau, en B & en C, parce que le point d'attouchement D est exactement au milieu de la ligne, & que les deux extrémités sont également éloignées de la circonférence & du centre A.

PLANCHE I. *Fig. III.*

9. La tangente D C ou E D C marque deux points de niveau apparent, parce que le point D, où elle touche la circonférence, n'est pas au milieu de la ligne ; ce qui fait qu'une de ses extrémités est plus près de la circonférence que l'autre, qui en s'en éloignant, s'éloigne à proportion du centre. C'est ce qui fait la différence du niveau dont nous parlerons ensuite.

PLANCHE I. *Fig. IV.*

La tangente au cercle dont le point d'attouchement n'est pas au milieu de la ligne, marque seulement le niveau apparent.

10. Dès qu'une ligne est tangente au cercle, elle est nécessairement perpendiculaire au rayon qui aboutit au point de la circonférence où touche la ligne ; on peut donc se servir du rayon du cercle pour déterminer cette tangente, & par ce moyen marquer des points de niveau. *Exemple.*

La tangente au cercle est perpendiculaire au rayon.

11. Soit le centre de la terre A, le rayon A B, & la tan- *Fig. V.*

gente C B D, les deux extrémités C & D ſont également éloignées du point d'attouchement B; elles marquent par conſéquent deux diſtances égales, qui, avec le rayon A B, font de chaque côté les angles égaux, étant tous les deux droits; ainſi je dis que les deux extrémités de la tangente C D marquent deux points de niveau, parce qu'elles ſont également éloignées du centre A.

12. *Demonſtration.* Les deux triangles A B C, A B D, ſont rectangles en B, puiſqu'ils ſont formés par une tangente dont le point d'attouchement à la circonférence eſt à l'extrémité du rayon B. Les deux côtés B C, B D, ſont égaux par la poſition. Le rayon A B eſt commun à tous les deux : il s'enſuit donc que les deux côtés A C & A D, oppoſés aux angles droits, ſont égaux; que les points C & D ſont également éloignés du centre A, & par conſéquent de niveau, puiſque les lignes qui meſurent leurs diſtances ſont égales.

Si d'un point pris ſur le rayon, on tire des côtés oppoſés des lignes égales, faiſant avec le rayon des angles égaux, les extrémités de ces lignes feront de niveau.

13. Il s'enſuit auſſi de cette démonſtration, que ſi d'un point pris ſur le rayon, on tire de part & d'autre des lignes droites à égales diſtances, quand bien même elles ne ſeroient pas perpendiculaires ſur le rayon, leurs extrémités marqueront pourtant des points de niveau, dès qu'elles feront avec le rayon les angles de chaque côté égaux, quels qu'ils puiſſent être. *Exemple.*

Planche I. *Fig. VI.*

14. Soit la ligne B A qui marque le rayon au centre de la terre : Si du point B, pris ſur ce rayon, on tire les lignes B C & B D, faiſant avec ce même rayon les angles de chaque côté égaux, comme de quatre-vingt-quinze degrés chacun, alors les deux extrémités C, D marqueront des points de ni-

veau, puisque les lignes qui mesurent leur distance jusqu'au centre sont égales. Car il est bien évident que ce n'est pas l'ouverture d'un angle de quatre-vingt-dix degrés qui fait les distances égales, mais l'égalité d'ouverture de chaque côté.

15. Il seroit cependant en quelque façon mieux dans la pratique du nivellement, que les lignes qui doivent marquer le niveau, & qui sont dites lignes de nivellement, fussent perpendiculaires sur le rayon, ou du moins qu'elles en approchassent de si près, qu'au cas que les distances ne fussent pas absolument égales, cela ne causât point d'erreur sensible dans l'opération.

Du Niveau apparent.

16. Lorsque la ligne de nivellement sera perpendiculaire sur le rayon, en le touchant par une de ses extrêmités, alors l'autre extrêmité marquera le niveau apparent; & pour avoir le vrai niveau, il ne s'agira que de connoître le haussement du niveau apparent par-dessus le vrai.

Le niveau apparent est une ligne droite formée par le rayon visuel & perpendiculaire sur le rayon d'un cercle, auquel elle touche par une de ses extrêmités.

Des haussements du Niveau apparent.

17. Pour connoître le haussement du niveau apparent par-dessus le vrai, pour une certaine distance, il faut premiérement quarrer la distance, & diviser ensuite le produit du quarré par le diametre de la terre, reconnu, selon les observations de M. PICARD, pour être de 3382031 verges du Rhin. Le quotient donnera la différence; d'où l'on voit qu'il s'ensuit que les haussements du niveau apparent sont entr'eux comme les quarrés de

En quoi consiste le haussement du niveau apparent par-dessus le vrai.

Voyez l'Avant-propos.

leur diſtance, & qu'ainſi la différence eſt plus ou moins conſidérable, ſelon que la ligne qui meſure la diſtance a plus ou moins d'étendue ; car alors l'extrêmité de cette ligne s'éloigne à proportion de la circonférence du cercle, à meſure qu'elle s'éloigne du point où elle la touche. *Exemple.*

PLANCHE I. *Fig. VII.*

18. Soit le centre de la terre A, l'arc B C qui marque le vrai niveau, & la tangente B E D qui marque le niveau apparent ; il eſt aiſé de voir que la ſecante A D ſurpaſſe le rayon A B de la diſtance C D, & cette diſtance C D marque la différence du niveau apparent par-deſſus le vrai. On voit auſſi que ſi la ligne ne s'étendoit que juſques en E, la différence ne ſeroit pas ſi grande que lorſqu'elle s'étendra juſques en D, & qu'ainſi la différence ſera plus conſidérable à meſure que la ligne aura plus d'étendue.

Qu'il ne faut pas faire attention aux hauſſements, ſi la ligne ne paſſe pas vingt-cinq verges.

19. Si cependant la diſtance n'excédoit pas vingt-cinq verges, le hauſſement ne ſeroit pas conſidérable, & il ne ſeroit pas néceſſaire d'y faire attention ; mais ſi elle étoit de cinquante, cent verges, &c. alors l'erreur qui en réſulteroit deviendroit ſenſible, & demanderoit qu'on y eût égard. C'eſt pour cela que j'ai inſeré la Table ci-après, où j'ai calculé les hauſſements du niveau apparent par-deſſus le vrai, depuis vingt-cinq juſqu'à ſeize milles verges.

Table des hauſſements du Niveau apparent.

Diſtances.	Verges.	Pieds.	Pouces.	Lignes.	Diſtances.	Verges.	Pieds.	Pouces.	Lignes.
25	0	0	0	0 — $\frac{1}{3}$	300	0	0	4	0
50	0	0	0	1 — $\frac{1}{3}$	400	0	0	7	1
75	0	0	0	3	500	0	0	11	2
100	0	0	0	5 — $\frac{1}{3}$	1000	0	3	6	7
125	0	0	0	8 — $\frac{1}{3}$	2000	1	2	2	3
150	0	0	1	0	4000	4	8	9	3
200	0	0	1	9 — $\frac{1}{4}$	8000	18	11	1	0
250	0	0	2	9	16000	75	8	4	0

20. On peut voir par cette Table de quelle conſéquence il eſt de faire attention aux hauſſements du niveau apparent pardeſſus le vrai, lorſque les diſtances ont une certaine étendue.

21. Outre l'attention que l'on doit faire aux hauſſements du niveau apparent, il y a encore à prendre garde aux réfractions, qui à la vérité ne ſont pas bien conſidérables lorſque l'on nivelle dans un temps ſerein, & que la ligne n'excede pas trois cents ou quatre cents verges; mais qui pourtant ne laiſſent pas que de nuire à l'exactitude.

Qu'il faut auſſi prendre garde aux réfractions du rayon viſuel.

De la Réfraction.

22. La réfraction eſt lorſque le rayon viſuel, au-lieu de décrire une ligne droite du point d'obſervation au point de viſée, eſt rompu en chemin par l'athmoſphere qui l'oblige à ſe courber, d'autant plus ou moins que cet air vaporeux qui environne la terre, eſt plus ou moins condenſé. J'ai obſervé dans le temps de mes opérations, lorſque j'ai nivellé le matin qu'il faiſoit un peu de brouillard, que l'objet qui m'avoit paru alors dans le niveau, me paroiſſoit quelque temps après au-deſſous, & même

Ce que c'eſt que la réfraction.

assez considérablement, pour une ligne d'environ cent & cinquante verges, qui étoit ordinairement mon coup de niveau. J'ai fait plusieurs fois cette observation, & je crois que cela pouvoit m'arriver d'autant plus aisément, que j'ai toujours nivellé terre à terre, & dans les endroits les plus bas, comme les plus convenables à mes opérations; mais comme j'ai aussi toujours nivellé par milieu d'une station à l'autre, c'est ce qui fait que je n'y ai pas fait plus d'attention.

La premiere méthode n'éxige point de rectification.

23. La premiere méthode pour marquer deux points de niveau comme nous l'avons expliqué, c'est-à-dire par la tangente dont le point d'attouchement à la circonférence est précisément au milieu de la ligne, peut se pratiquer sans rectification de l'instrument, sans avoir égard aux haussements du niveau apparent par-dessus le vrai, & en laissant l'instrument dans quelqu'état qu'il puisse être, pourvu cependant qu'il n'y arrive point de changement dans le temps de l'opération.

Nous dirons ensuite ce que c'est que la rectification d'un instrument.

On doit, en nivellant, se placer autant qu'il est possible au milieu & à égale distance des termes.

24. Mais afin de s'en servir avec succès, on placera, autant qu'il sera possible, l'instrument à égale distance des termes que l'on voudra niveller; car il est évident que si d'une même station, avec un instrument qui demeure à même hauteur, & dont on se sert toujours de la même maniere, on détermine deux ou plusieurs points de visée qui soient également éloignés de l'œil observateur, tous ces points seront également éloignés du centre de la terre, étant également élevés ou abaissés à l'égard du vrai niveau. C'est pourquoi ils seront tous de niveau entr'eux, quoiqu'ils ne le soient pas avec l'œil observateur.

PLANCHE I. *Fig. VIII.*

25. Soit l'instrument B placé à égale distance des termes C D,

les deux points de visée E, F, marqués sur les perpendiculaires C G, D H, sont de niveau entr'eux, quoiqu'ils ne le soient pas avec le point de l'œil observateur B.

26. J'ai dit que pour se servir de cette premiere méthode avec succès, il falloit, autant qu'il seroit possible, se placer entre & à égale distance des termes, quoique pourtant ce ne soit pas une nécessité absolue, comme nous le verrons dans la pratique du Nivellement, depuis le N°. 191 jusqu'au N°. 194.

Seconde Méthode.

Deuxieme méthode pour marquer deux points de niveau, d'une station à l'autre.

27. Cette seconde méthode est pour niveller d'un point à un autre immédiatement, chacun des termes servant de station. On peut s'en servir sans rectification, comme avec rectification de l'instrument, & sans avoir égard aux haussements du niveau apparent; mais alors elle demande un double nivellement fait de la premiere station à la seconde, & réciproquement de la seconde à la premiere. Pour rendre la chose plus intelligible, je vais en proposer quelques exemples.

Cet exemple suppose un instrument rectifié pour marquer le vrai niveau à une certaine distance limitée.

28. Le premier suppose que l'instrument est rectifié, pour marquer le vrai niveau à une distance égale à celle des points d'une station à l'autre.

Planche I. *Fig. IX.*

29. Soient les deux termes B, E, par lesquels passe le prolongement des rayons BC, ED, qu'on peut, dans la pratique du nivellement, regarder comme deux perpendiculaires paralleles entr'elles, sans courir risque d'aucune erreur sensible. Si sur ces deux perpendiculaires, on veut marquer deux points de niveau,

selon cette seconde méthode, il faut pour premiere station, placer l'instrument au terme B, la hauteur de l'œil pour la premiere ligne de visée sera en F, & le point de visée de l'autre côté en G. Pour seconde station, il faut transporter l'instrument en E, & le placer, autant qu'il sera possible, de façon que la hauteur de l'œil pour la seconde ligne de visée, soit rapportée en G, premier point de visée. Alors si le second point de visée se rencontre avec le premier point de l'œil F, c'est une marque que ces deux points sont de niveau; car comme il est à supposer qu'il n'est arrivé aucun changement à l'instrument dans les deux opérations, & qu'il étoit dans le même état à chaque station, il s'ensuit que les angles A G F, A F G sont égaux par la position, & que par conséquent les lignes A F, A G sont égales entr'elles: c'est pourquoi les points F, G seront de niveau, étant également éloignés du centre A.

Planche I. *Fig. X.*

Cas où la hauteur de l'œil ne peut être rapportée au premier point de visée.

30. Mais si la situation des deux termes étoit telle que la hauteur de l'œil, pour la seconde ligne de visée, ne puisse être rapportée à la hauteur du point G, mais seulement en H, alors si le second point de visée marqué de l'autre côté en I, est autant éloigné du point F, comme H du point G, il s'ensuivra que les deux lignes F G, H I, quoiqu'elles ne se rapportent pas quant à la hauteur, seront pourtant paralleles, & leurs extrêmités par conséquent de niveau.

31. Mais si l'instrument haussoit ou baissoit la mire, alors les lignes de visée ne se rapporteroient plus; elles ne seroient plus paralleles, & ne marqueroient plus le vrai niveau. Cela est vrai; mais elles serviroient à le marquer, comme il se verra dans l'exemple suivant.

Nous

32. Nous ſuppoſerons d'abord que pour la diſtance B E, l'inſtrument hauſſe la mire de ſix pouces; après avoir placé pour premiere ſtation l'inſtrument en B, la hauteur de l'œil au point F, & le point de viſée G pour la ſeconde ſtation, il faudra tranſporter l'inſtrument au terme E, & ayant rapporté la hauteur de l'œil au point G, il faut marquer le ſecond point de viſée plus haut que la premiere hauteur de l'œil, ſelon que l'inſtrument hauſſera la mire, comme ici de douze pouces, en H: pour lors les deux lignes de viſée ſont anti-paralleles, & font l'angle F G H. Si l'on diviſe cet angle en deux parties égales, ou ce qui eſt le même, ſi l'on diviſe la diſtance F H, comme ici au point I, parce que la ligne qui partage l'angle doit couper cette diſtance en deux parties égales, en paſſant par le même point I, alors ce point I avec le point G feront de niveau.

PLANCHE I. *Fig. XI.*

Ce que c'eſt que deux lignes anti-paralleles.

33. *Démonſtration.* Les angles A F G, A G H ſont égaux par la poſition, & l'angle au point A eſt commun pour les deux triangles A F G, A G H. Il s'enſuit donc que les autres angles reſtant dans ces deux triangles, comme A G F & A H G feront égaux. Car par la trente-deuxieme du premier Livre d'Euclide, les trois angles de tout triangle ſont égaux à deux droits: ſi donc on ajoute à l'angle A G F, l'angle F G I, la ſomme qui eſt l'angle A G I, ſera égale à la ſomme de l'angle A H G & de l'angle H G I, qui ſont égaux aux premiers. Mais dans le triangle I H G, par la même trente-deuxieme propoſition, l'angle extérieur A I G eſt égal aux deux intérieurs oppoſés A H G, H G I. Ainſi l'angle A I G ſera égal à l'angle A G I; par la ſixieme du premier d'Euclide, les lignes A G & H I feront égales, & par conſéquent les points G & I de niveau.

PLANCHE I. Fig. XII. 34. Si les deux anti-paralleles concourent au-dedans de l'angle, comme en cet exemple au point K : alors la ligne L K M menée par le point K, en sorte qu'elle divise en deux également, les angles égaux H K F & I K G, coupera les deux distances F H & G I en deux parties égales, aux points L & M, qui seront les deux points de niveau.

PLANCHE I. Fig. XII. 35. *Démonstration.* Aux deux triangles K F L, K G M, les angles au point K sont égaux, & par la trente-deuxieme du premier Liv. d'Euclide, l'angle extérieur A F I du triangle K F L est égal aux deux intérieurs opposés K L F & F K L, de même l'angle extérieur A G H du triangle K G M est égal aux deux intérieurs G K M & K M G : ainsi les deux triangles A F I & A G H étant égaux par la position, de même les deux angles K L F, F K L pris ensemble, seront égaux aux deux angles G K M, K M G aussi pris ensemble ; desquels si l'on retranche les égaux F K L, G K M, les restants K L F ou A L M, K M G ou A M L seront égaux ; par la sixieme du premier Livre d'Euclide, les côtés A L, A M du triangle, L A M seront égaux ; donc les points L, M seront de niveau.

PLANCHE I. Fig. XIII. Cas où les anti-paralleles concourent en-dehors de l'angle. 36. Enfin, si les anti-paralleles ne concouroient pas en-dedans, mais en-dehors de l'angle, comme en cet exemple au point K ; il faudroit alors diviser l'angle F K H en deux également, par la ligne L I K qui coupera en même-temps en deux parties égales, les distances F H, O O, marquées sur les perpendiculaires B C & E D, alors les points L & I seront de niveau. C'est la même démonstration que la précédente.

Les prolongements des rayons du 37. J'ai dit que le prolongement des rayons, comme dans

les exemples précédents B C de A B, & E D de A E, pourroit être regardé comme marquant des lignes perpendiculaires paralleles entr'elles; sans craindre aucune erreur sensible, à cause du grand éloignement des termes de chaque station jusqu'au centre de la terre, & en comparaison du peu de distance d'un terme à l'autre; d'où il s'ensuit qu'on peut aussi sans appréhender aucune erreur sensible, diviser dans les exemples précédents, les angles formés par les anti-paralleles, en divisant leurs bases marquées sur les perpendiculaires.

centre de la terre aux points des stations, peuvent être regardés comme paralleles.

38. On peut aussi, par les exemples précédents de cette seconde Méthode, connoître de combien un instrument hausse ou baisse la mire, & le rectifier, soit pour lui faire marquer le niveau apparent, soit pour lui faire marquer le vrai niveau pour une certaine distance limitée.

On peut rectifier un instrument en connoissant de combien il hausse ou baisse la mire.

39. Nous parlerons plus amplement de cette rectification ou vérification d'un instrument, dans le Chapitre suivant; mais avant que de finir celui-ci, nous aurons encore quelques remarques à faire.

40. Un instrument qui en baissant la mire marquera le vrai niveau, ne pourra le marquer que pour une certaine distance limitée, comme de cent cinquante ou trois cents verges, &c.

Ce qui résulte d'un instrument qui baisse la mire.

41. Un instrument qui marque le niveau apparent, le marque à distance quelconque.

42. Si un instrument hausse ou baisse la mire à l'égard du niveau apparent, c'est une erreur qui croît ou décroît à raison

De l'erreur d'un instrument, comment elle croit & décroit.

des distances ; mais le haussement du niveau apparent par-dessus le vrai, suit la raison doublée des distances, qui est celle de leur quarré.

PLANCHE I. *Fig. XIV.* 43. Nous supposerons dans cet exemple, qu'un instrument placé en B, marque la ligne de visée C G, qui fait tel angle avec la ligne de niveau apparent C D F. Si pour la distance C E, supposée de cent cinquante verges, le niveau hausse la mire de trois pouces, il haussera de six pouces pour la distance C G de trois cents verges ; car les deux lignes E D, G F, étant menées paralleles, elles formeront les triangles semblables C D E, C F G ; ainsi par la quatrieme du 6e. Livre d'Euclide, C D sera à D E, C F à F G.

44. J'ai ajouté que le haussement du niveau apparent par-dessus le vrai, ne suivoit pas la raison des distances, mais celle de leur quarré ; car, comme dans le même exemple, le demi-diametre A C est à la tangente C F ; ainsi C D ou H D, tangente de la moitié de l'angle B A F, est à H F, à cause des triangles semblables A C F, D H F, qui sont rectangles en C & en H, à cause des tangentes C D, H D, par la dix-huitieme du troisieme Livre d'Euclide, & qui ont l'angle commun au point F : si on double le premier & le troisieme terme de cette proportion, on aura, comme le diametre entier est à la tangente C F, ainsi le double de C D, que l'on suppose égal à C F, sera à H F qui est la correction requise : c'est pourquoi le produit des termes moyens de cette derniere proportion, qui est le quarré de C F, étant divisé par le premier terme, qui est le diametre de la terre, produira la correction H F. Or on peut supposer aux petits angles, tels que sont ceux dont il s'agit

dans la pratique du nivellement, que le double de C D, est égal à C F; par conséquent, le diametre de la terre est à la distance C F des points que l'on veut mettre de niveau, comme même distance C F au haussement du niveau apparent par-dessus le vrai.

45. Le calcul du haussement du niveau apparent par-dessus le vrai, est en conséquence de cette démonstration; on y verra donc que le haussement pour cent cinquante verges est d'un pouce, & pour trois cents verges de quatre pouces. Ainsi supposant que la ligne de nivellement B C hausse la mire de trois pouces pour cent cinquante verges, il faudra donc baisser le point de visée de C en D de trois pouces pour marquer le niveau apparent de B en D; & pour marquer le vrai niveau, il faudra encore baisser d'un pouce de D en E, puisque pour la distance de cent cinquante verges, il y a un pouce de correction pour le haussement du niveau apparent.

PLANCHE I. *Fig. XV.*

Sur quoi est fondé le calcul du haussement du niveau apparent par-dessus le vrai.

46. Mais si l'instrument, au-lieu de hausser la mire, la baissoit de trois pouces de D en F, alors pour marquer le niveau apparent, il faudroit se relever de trois pouces, & seulement de deux pouces pour marquer le vrai niveau; parce qu'au-lieu d'ajouter, comme à l'exemple précédent, il faudroit retenir un pouce pour la correction du niveau apparent.

47. Un instrument qui baisse la mire peut récompenser le niveau apparent pour une certaine distance. Par exemple: Un instrument qui baisse la mire d'un pouce, récompense le haussement du niveau apparent pour cent cinquante verges, parce que le haussement de l'un, qui est un pouce, récompense le baissement de l'autre qui est aussi un pouce.

Connoiſſant de combien un inſtrument baiſſe la mire, on connoîtra à quelle diſtance il marquera le vrai niveau.

48. De même lorſqu'on connoîtra de combien un inſtrument baiſſe la mire pour une certaine diſtance, il ſera aiſé de connoître à quelle diſtance il marquera le vrai niveau.

49. On ſait qu'un inſtrument baiſſe la mire de ſix pouces pour trois cents verges, & on veut ſavoir à quelle diſtance il marquera le vrai niveau; il faut 1°. chercher dans la Table ci-devant, N°. 20, le hauſſement du niveau apparent pour trois cents verges, & on le trouvera de quatre pouces. Enſuite en faiſant la regle de proportion comme ci-après, on trouvera qu'un tel inſtrument marquera le vrai niveau à quatre cents & cinquante verges.

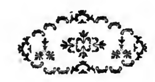
50. Cette Regle eſt fondée ſur ce que nous avons déja dit, que l'erreur d'un inſtrument croît ou décroît en raiſon des diſtances, & que les hauſſements du niveau apparent ſuivent la raiſon de leur quarrée.

Regle de Proportion :

Si 4. 300 6

$$\begin{array}{r|l} 300 & \\ 6 & \\ \hline 1800 & 4 \\ \hline 200 & \end{array}$$

450





CHAPITRE II.

Description de plusieurs Niveaux, & façon de les rectifier.

DU NIVEAU D'EAU.

51. De tous les instruments dont on s'est servi jusques ici pour le Nivellement, celui que nous appellons Niveau d'Eau, parce que c'est de la surface de l'eau qu'il tire sa justesse & ses propriétés, est le plus simple & le plus commode de tous. Il seroit aussi un des meilleurs, s'il étoit possible que l'œil eût assez de justesse pour saisir exactement deux points de la superficie de son eau à la distance de trois ou quatre pieds, qui est la longueur ordinaire de cet instrument, dont voici la description.

52. Il consiste en un tuyau de fer blanc, ou de laiton, de forme cylindrique, d'environ quatre pieds de long, & d'un pouce de diametre, recourbé à angle droit, d'environ deux pouces & demi par ses extrêmités, qui portent deux bouteilles de verre bien blanc, dont le diametre doit être un peu moindre que celui du tuyau dans lequel elles doivent être enchâssées & bien scellées avec quelque cire ou mastic. Elles doivent aussi déborder le fer de trois ou quatre pouces, & être ouvertes par les deux bouts, afin qu'en mettant de l'eau dans l'une, elle puisse passer dans l'autre, dès que le niveau est posé sur son pied horisontalement, pour ne faire dans l'une & l'autre qu'une même eau & une même surface.

PLANCHE II. *Fig. I.*

Description du Niveau d'Eau.

Que tous les points de la superficie de l'eau sont de niveau.

53. Mais comme il est constant que tous les points de la superficie de l'eau, ou de quelque liqueur que ce puisse être, dès qu'elle n'est point en mouvement, sont de niveau; puisqu'en tendant tous également au centre, ils en sont également éloignés, il s'ensuit que dès que l'on peut saisir justement deux points de cette superficie, comme B C, & par ces deux points en marquer un troisieme D sur la même ligne à une certaine distance, ce dernier point avec les deux premiers marquera le niveau apparent, qui pourra, sans craindre d'erreur sensible, être pris pour le vrai niveau: car comme il est pour l'ordinaire impossible que l'œil seul puisse voir distinctement un point ou une ligne à plus de vingt-cinq verges, il est de même moralement impossible que l'œil seul puisse bien distinctement donner un coup de niveau qui soit juste à une plus grande distance.

54. Or comme nous avons dit au Chapitre précédent, N°. 19, que si la distance n'excédoit pas vingt-cinq verges, il seroit inutile d'y faire attention pour le haussement; il s'ensuit donc que tout coup de niveau donné, soit avec l'eau, soit avec des pinules simplement, peut en toute sûreté être regardé comme marquant le vrai niveau.

En quelle occasion on peut se servir du Niveau d'Eau.

55. Ce niveau peut très-bien servir pour de courtes distances, vu que l'erreur ne peut pas être bien considérable, s'il ne s'agit que de quelques coups de niveau; mais dans un grand Nivellement, il seroit à craindre, si l'on n'y apportoit pas une extrême précaution, que l'erreur ne se multipliât par la quantité, à moins que le hasard ne fît que l'un récompensât l'autre, ce dont pourtant on n'est jamais sûr.

56. C'est

56. C'eſt ce qui a donné lieu à pluſieurs de travailler ſur cette matiere, & d'inventer d'autres inſtruments moins ſuſceptibles d'erreur, plus exacts & plus expéditifs pour ces ſortes d'opérations.

57. Comme Mrs. HUYGHENS, DE LAHIRE & PICARD ſont ceux qui ont en cela le mieux réuſſi, je vais rapporter la deſcription des inſtruments de leur invention, telle qu'elle eſt inſérée dans le *Traité du Nivellement* de M. PICARD, au ſixieme Tome des *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris.*

Deſcription du Niveau de M. HUYGHENS.

58. La principale partie de cet inſtrument eſt une lunette d'approche d'un ou de deux pieds, ou plus, ſelon qu'on veut qu'elle faſſe plus d'effet. Elle eſt de deux ou de quatre verres convexes à la maniere ordinaire & aſſez connue; les deux faiſant voir les objets renverſés, & les quatre les remettant droits. Son tuyau eſt de laiton ou d'autre métal, de forme cylindrique, & paſſe dans une virole C qui l'enferme par le milieu où elle eſt ſoudée. PLANCHE II. *Fig. II.* La principale partie de ce niveau eſt la lunette.

59. Cette virole a deux branches plates pareilles, D, E, l'une en-haut & l'autre en-bas, chacune d'environ le quart de la lunette, de ſorte que le tout fait une maniere de croix. Au bout de ces branches ſont attachés des filets doubles, paſſés dans de petits anneaux, & puis ſerrés entre des pinces. De la virole qui tient la lunette.

60. L'une des dents de ces pinces eſt attachée au bout de PLANCHE II. *Fig. II.*

ſa branche fixement, & l'autre de maniere qu'elle ſe puiſſe ouvrir. Par l'un de ces anneaux, on ſuſpend la croix au crochet F, & par en-bas on attache à l'autre anneau (ſuivant ce qui ſera dit) un poids qui égale environ la peſanteur de la croix, & qui eſt enfermé dans la boîte G, dont il ne ſort que ſon crochet; ce qui reſte d'eſpace dans cette boîte, eſt rempli de quelqu'huile, comme de noix, de lin ou autre qui ne ſe fige point, par où les balancements du poids & de la lunette s'arrêtent promptement.

Du fil tendu au foyer du verre objectif.

61. En-dedans de la lunette, il y a un fil de ſoie, tendu horiſontalement au foyer du verre objectif, ſoit qu'il y ait un ou trois oculaires. Ce fil ſe peut hauſſer ou baiſſer par le moyen d'une vis que l'on tourne à travers le trou percé dans le tuyau de la lunette. La maniere d'ajuſter ce fil ſera expliquée ci-après.

PLANCHE II. *Fig. III.*

I eſt une virole fort légere, ne peſant que $\frac{80}{1}$ ou un 100 de la croix, qui s'arrête à tel endroit du tuyau de la lunette que l'on veut; & outre celle-ci, ſi la croix n'eſt pas bien en équilibre, c'eſt-à-dire, ſi le tuyau de la lunette n'eſt pas bien parallele à l'horiſon, l'on met quelqu'autre virole en-dedans de la lunette d'un poids ſuffiſant pour faire cet équilibre; en quoi pourtant il n'eſt pas requis une ſi grande juſteſſe.

Croix de bois plate à laquelle eſt ſuſpendue la machine. PLANCHE II. *Fig. III.*

62. Une croix de bois plate ſert à ſuſpendre la machine; ayant pour cela en-haut le crochet F, & à l'un de ſes bras la fourchette K, qui empêche le trop de mouvement latéral de la lunette, ne lui laiſſant qu'une demi-ligne de jeu. La boîte qui contient le plomb & l'huile, tient à la même croix, étant enfermée par les côtés & par le fond; & pour couvrir le niveau contre le vent, l'on applique contre la croix plate de bois,

une croix creuſe auſſi de bois L, qu'on y attache avec deux ou trois crochets, de ſorte que le tout fait alors une boîte entiere.

Rectification de ce Niveau, & façon de s'en ſervir.

63. Pour ajuſter & rectifier ce niveau, on le ſuſpend par une de ſes branches, ſans y attacher le plomb par en-bas, & l'on viſe à quelqu'objet éloigné, remarquant l'endroit où donne le fil horiſontal, que l'on voit diſtinctement, auſſi-bien que l'objet; puis on ajoute le plomb en l'accrochant par l'anneau d'en-bas; & ſi alors le fil horiſontal répond à la même marque de l'objet, l'on eſt aſſuré que le centre de gravité de la croix eſt préciſément dans la ligne droite qui joint les deux points de ſuſpenſion, ſavoir où les deux filets ſont attachés aux branches, qui eſt la premiere préparation néceſſaire.

Maniere de rectifier ce niveau.

PLANCHE II. Fig. II.

64. Mais ſi cela ne ſe trouve point, on en vient aiſément à bout par le moyen de la virole I, en obſervant que ſi la lunette baiſſe lorſque le poids eſt attaché, il faut avancer la virole vers le verre objectif, & la retirer au contraire, ſi la lunette hauſſe après avoir attaché le poids. Cela eſt vrai, ſoit que la lunette ſoit à quatre ou ſeulement à deux verres convexes; c'eſt-à-dire, ſoit qu'elle faſſe voir les objets droits ou renverſés.

65. L'ayant ainſi réduite à viſer au même point, ſans le plomb & avec le plomb, on tourne le niveau ſens-deſſus-deſſous, le ſuſpendant par la branche qui étoit en-bas & attachant le plomb par l'autre, parce qu'il fait arrêter plus vîte le mouvement, & que d'ailleurs cela eſt avantageux pour ce qui reſte à faire.

66. Que ſi alors le fil qui eſt dans la lunette donne au même point de l'objet que devant, l'on eſt aſſuré que le point eſt préciſément dans le plan horiſontal du centre du tuyau de la lunette, comme on le verra par la démonſtration.

PLANCHE II. *Fig. II.* Vis pour hauſſer ou baiſſer la mire.

67. Mais ſi le fil ne donne pas au même point, on l'y réduira en le hauſſant ou baiſſant, par le moyen de la vis qui eſt pour cela, en obſervant de la hauſſer, s'il hauſſe, & de la baiſſer, s'il baiſſe en renverſant la lunette à chaque correction.

PLANCHE II. *Fig. II.*

68. Après cela, l'inſtrument ſera parfaitement rectifié, ſans qu'il importe, ce qui eſt fort conſidérable, que le verre objectif, ni les oculaires ſoient bien centrés, ni rangés exactement en ligne droite; & l'on s'en ſervira enſuite avec ſûreté, pourvu qu'il n'y arrive point de changement: car le fil horiſontal marquera par-tout où l'on viſera l'endroit de l'objet qui eſt dans le plan horiſontal du centre de la lunette.

Viſer ſans plomb & avec le plomb.

69. Mais quand il ſeroit arrivé quelques changements, on peut le ſavoir à chaque obſervation que l'on fait, en viſant 1°. avec le plomb attaché, enſuite ſans le plomb, & puis en renverſant la lunette. Et c'eſt en quoi conſiſte le principal avantage de ce niveau par-deſſus les autres, parce qu'il empêche qu'on ne puiſſe être trompé en s'en ſervant.

Du pied qui porte le niveau.

70. Le pied pour ſupporter la machine, eſt une plaque ronde de fer ou de laiton un peu concave, à laquelle ſont attachés par des charnieres trois bâtons d'environs trois pieds & demi. La boîte poſant ſur cette plaque en trois points, ſe peut tourner du côté que l'on veut, & la concavité ſphérique donne

moyen de la dreſſer avec facilité, juſqu'à ce que le plomb ait ſon mouvement libre dans ſa boîte; ce que l'on voit à travers l'ouverture M, faite au couvercle de bois. La peſanteur de ce plomb ſert à tenir la boîte ferme ſur le pied : mais on peut aiſément l'aſſurer encore davantage, ſi l'on veut, en faiſant un trou au milieu de la plaque creuſe. *Planche II. Fig. II.*

71. Au-lieu d'enfermer dans la boîte G tout le poids, on peut y en mettre un tiers ou un quart ſeulement, & attacher le reſte à la même queue de fer, mais hors de la boîte. L'on obſervera alors, premiérement, avec le ſeul poids léger qui pend dans la boîte, puis avec l'autre ajouté par-deſſus, & en ajuſtant le fil horiſontal, on les y laiſſera tous deux; par ce moyen, les balancements de la lunette s'arrêteront promptement à toutes les opérations que l'on fera pour la rectification; au-lieu que n'attachant pas le poids du tout dans quelques-unes, ce mouvement ceſſe plus difficilement. *Planche II. Fig. II.*

72. Le crochet F, auquel le niveau eſt ſuſpendu, peut être ſimplement attaché à la croix plate de bois; mais ici il eſt repréſenté attaché ~~à une virole qui ſe hauſſe ou ſe baiſſe~~ par le moyen d'une vis qui tient à l'anneau par lequel on porte la machine. *Crochet auquel la croix eſt ſuſpendue.*

73. L'avantage qui ſe trouve en cela eſt qu'en tranſportant l'inſtrument, on peut lâcher les filets de la croix, en la faiſant deſcendre juſques ſur la fourchette & ſur le petit bras courbé, & cela ſans ouvrir l'étui de bois. *Planche II. Fig. II.*

74. Pour empêcher que l'huile de la boîte G ne puiſſe ſe

répandre, lorsqu'on porte le niveau en voyage, on peut boucher le trou de cette boîte par le poids même qu'elle enferme. On fera pour cela que le poids soit bien plat par-dessus, & on l'attirera contre le couvercle de la boîte par le moyen d'une virole à écrou S.

75. Le tuyau N représente en grand celui qui au-dedans de la lunette porte le fil horisontal. Il contient un ressort qui est attaché à la fourchette Q, à laquelle le fil de soie tient avec de la cire. Ce ressort tire la fourchette contre le morceau de laiton T, dans lequel entre la vis qui répond au trou H de la lunette, par lequel trou l'on peut aussi tourner le tuyau N, pour faire que le fil devienne exactement horisontal, ce dont on juge en regardant par la lunette.

Jugement de l'Auteur au sujet du niveau de M. Huyghens.

76. S'il m'est permis de porter mon jugement sur cet instrument, je dirai qu'il me paroît assez difficile d'attacher toutes les fois la croix & le poids avec tant de justesse que la ligne de direction du centre de gravité détermine toujours un même angle avec le centre du tuyau de la lunette, qui est censé déterminer chaque fois la ligne de Nivellement par le rayon de visée qui en sort. Si l'on me dit que la pesanteur de la croix & du poids attaché détermine naturellement cet angle; à cela je répondrai que cela n'est pas prouvé, & qu'il me paroît assez difficile d'être sûr d'attacher toujours la croix & le poids avec assez de justesse pour cela. Outre qu'il ne me semble pas fort aisé à manœuvrer, ni à transporter par la campagne avec son huile dans tous les lieux où on en auroit besoin. Je crois pourtant que c'est encore un des meilleurs de tous ceux qui ont été faits.

Description du Niveau de M. DE LA HIRE.

77. Ce niveau tire toute sa justesse de la superficie de l'eau, que nous supposons également éloignée du centre de la terre, & il ne consiste que dans la maniere de faire nager sur l'eau une lunette d'approche qui lui sert de pinules comme aux autres niveaux. Niveau de M. de la Hire.

Dans la premiere figure A R C, B E T, sont deux vases quarrés de bois ou de fer blanc, larges de quatre pouces & demi environ, & hauts de huit pouces. PLANCHE II. *Fig. I.*

Le tuyau C D sert de communication à ces deux vases, afin que l'eau puisse passer aisément de l'un dans l'autre; il doit avoir au moins un demi-pouce de diametre, & de longueur environ deux pieds & demi.

Le tuyau A B est attaché au haut des deux vases quarrés, & sert de tuyau de lunette.

Le vase A R C est percé en R, vis-à-vis le tuyau A B, pour attacher en cet endroit un faux canon qui porte celui du verre oculaire, que l'on peut éloigner ou approcher suivant la nécessité.

L'autre vase T B D est aussi percé dans sa partie T, vis-à-vis le tuyau A B, pour faire l'ouverture de la lunette.

On attache un petit plomb au milieu du tuyau A B, qui en battant sur une marque faite au tuyau C D, fait voir quand les

deux vases sont à-peu-près de niveau, pour y pouvoir mettre l'eau à même hauteur.

On doit mettre sur les deux vases une légere couverture que l'on puisse ôter facilement ; elle sert pour empêcher la lumiere de donner sur le verre objectif & sur les filets, afin que la lunette fasse plus d'effet.

Il y a encore aux deux côtés de chaque vase deux petites lames de laiton ou de fer blanc, dont nous ferons la description en parlant de leur usage.

Boites qui portent les pinules.

78. La deuxieme figure représente une des deux boîtes qui portent les pinules pour les faire nager sur l'eau ; elles doivent être faites de laiton fort mince, pour pouvoir nager plus facilement, & ne s'enfoncer qu'autant qu'il sera nécessaire, par le moyen du poids que l'on enferme au-dedans.

Le corps de ces boîtes est cylindrique, de deux pouces & demi de hauteur environ, qui doit être aussi la grandeur du diametre de son cylindre ; il doit être bien fermé d'un couvercle par-dessus, & au-dessous il y a un chapiteau d'un pouce de hauteur vers sa pointe E.

PLANCHE II. *Fig. I.*

Le tuyau F G est soudé au-dessus de la boîte ; il a de hauteur deux pouces, & de largeur un pouce ; la partie supérieure de ce tuyau est ouverte des deux côtés jusqu'à la hauteur d'un pouce, & dans chaque partie qui reste au-dedans de l'ouverture, on attache une petite coulisse qui sert à porter le chassis de la pinule, qui ne doit y entrer que jusqu'à une certaine profondeur où il doit être arrêté.

L M eſt un fil de laiton preſque auſſi long que la largeur du vaſe, & qui paſſe dans le milieu de ce tuyau un peu au-deſſous de la pinule. Ce fil ſert à entretenir la boîte & la pinule lorſqu'elle nage ſur l'eau, en ſorte qu'elle préſente toujours ſon ouverture à celle du tuyau de la lunette A B; il gliſſe entre deux petites aîles ou lames de fer blanc ou laiton, qui ſont attachées aux deux côtés de chaque boîte, & qui ſont auſſi longues & auſſi proches l'une de l'autre qu'il eſt néceſſaire pour empêcher que le fil de laiton qui tient au tuyau F G, ne vacille trop d'un côté ou d'un autre.

Il y a une ouverture au couvercle des boîtes au-dedans du tuyau F G pour y pouvoir mettre dedans une balle de plomb, ou un peu de mercure; ce qui empêche que les boîtes en flottant ſur l'eau, ne puiſſent pencher d'un côté ou d'autre; & la quantité du mercure, ou la balle de plomb doit être aſſez peſante pour faire enfoncer la boîte dans l'eau juſqu'à l'endroit du tuyau marqué I K, qui eſt un demi-pouce environ au-deſſus du couvercle de la boîte; on doit refermer enſuite la boîte avec une petite platine de laiton fort mince, que l'on attache bien tout autour avec de la cire molle.

Ces deux boîtes doivent être d'une figure fort égale dans toutes leurs parties; & lorſqu'elles ſont chargées des pinules & du plomb ou du mercure, elles doivent auſſi peſer également.

79. La troiſieme figure repréſente la pinule qui porte la croiſée des filets.

80. La quatrieme figure eſt celle qui porte le verre objectif.

Chacune de ces pinules est un petit chassis qui entre dans les coulisses qui sont aux deux côtés de la partie supérieure du tuyau FG.

Comme on met l'eau dans les vases. On met dans les vases A R C, B D T, autant d'eau qu'il est nécessaire pour faire élever les boîtes qui portent les pinules, en sorte qu'elles répondent à l'ouverture du canon A B.

81. Ce niveau se peut transporter aisément, en conservant les boîtes & les pinules dans un étui, sans qu'il soit besoin de le rectifier toutes les fois que l'on s'en servira, & même en le portant d'un lieu à un autre en nivellant; il ne faudra jamais laisser les pinules dans les vases où est l'eau, de crainte que dans l'ébranlement du chemin il n'entre quelque goutte d'eau dans les tuyaux qui portent les pinules; ce qui feroit que les boîtes entreroit davantage dans l'eau, étant alors plus pesantes.

On pourra donner à cet instrument tel pied qu'on jugera le plus à propos, ou en le posant sur un petit banc pour l'élever un peu de terre, ou en l'attachant contre une planche, & le posant sur le bas du chevalet, ou enfin en ajoutant trois ou quatre bouts de tuyaux à charnieres aux deux boîtes pour y ficher des bâtons de telle grandeur qu'on voudra, qui lui serviront de pied; comme on fait ordinairement aux demi-cercles dont on se sert en campagne pour lever des plans.

Description du Niveau de M. PICARD.

82. La représentation de cet instrument est de telle maniere que l'on peut voir le dedans, comme si la partie qui se présente

à la vue, étoit ôtée; ou bien comme si elle étoit de verre, & que l'on pût voir au travers.

EFGH est un tuyau quarré qui sert pour la lunette, lequel on fait de quelque matiere solide & ferme, comme fer ou laiton assez fort, en sorte qu'il ne puisse pas être facilement corrompu. PLANCHE II. *Fig. V.* Tuyau quarré de la lunette.

EF est un petit chassis qui porte le verre objectif.

EG est un autre chassis qui porte deux filets de ver à soie très-déliés, qui s'entrecoupent au foyer de l'objectif. Chassis qui portent les filets.

83. Le verre objectif & ces filets ainsi attachés ensemble dans le tuyau, servent de pinules pour le niveau. Du verre objectif.

Le petit tuyau D est celui qui contient le verre oculaire que l'on peut enfoncer ou retirer, selon la disposition de l'œil de celui qui observe, sans que pour cela il arrive aucun changement à la disposition du verre objectif & des filets. PLANCHE II. *Fig. V.* Du verre oculaire.

La lunette est fortement attachée à angle droit avec le tuyau K, en sorte que l'on ne peut pas remuer l'un sans l'autre.

L & M sont deux arcs-boutants courbes qui servent à entretenir la lunette avec le tuyau, & pour incliner le niveau de côté & d'autre lorsqu'il est sur son pied.

84. AC est un cheveu qui est suspendu du point A, par une boucle que l'on fait à son extrémité, & cette boucle est passée sur une aiguille qui est appuyée par sa pointe contre une piece Du cheveu de perpendicule. PLANCHE II. *Fig. VI.*

de laiton qui s'éleve du fond de la boîte ou tuyau, afin que le cheveu soit en liberté de se mouvoir. Cette piece avec l'aiguille est représentée en particulier dans la figure 6ᵉ.

Du plomb. 85. Au bout du cheveu pend un plomb C que l'on fait d'une grosseur suffisante pour qu'il puisse tenir le cheveu bien tendu, sans qu'il puisse se rompre.

Du point pris sur la platine. B est une platine d'argent enchâssée à fleur sur une piece de laiton, qui est autant élevée sur le fond de la boîte que celle qui porte le centre au point A. Au milieu de cette platine, il y a un point qui sert pour déterminer le niveau apparent, comme nous dirons dans la suite pour la vérification du niveau.

PLANCHE II. *Fig. V.* Du point pris pour centre du perpendicule. 86. Du point A pour centre d'où le cheveu est suspendu, on décrit un arc de cercle qui passe par le centre de la platine, & l'on y marque de côté & d'autre de petites divisions égales qui y déterminent les minutes de degrés, s'il est possible; ce qui sert à montrer de combien de minutes un objet est plus ou moins élevé que le niveau apparent. Cela se doit seulement entendre jusqu'au nombre des minutes qui sont marquées sur la piece de laiton.

Du verre objectif. Le verre objectif doit être arrêté sur le chassis E F, & ce chassis doit être immobile dans la boîte ou tuyau de la lunette.

Des chassis qui portent les filets. 87. Le chassis G H qui porte les filets, doit être aussi bien attaché au corps de la même boîte; quelquefois pourtant on fait un double chassis qui porte les filets, & qui glisse justement dans une coulisse qui est au premier chassis, & l'on attache un

reſſort dans la partie inférieure de ce premier chaſſis, qui pouſſe en-haut le ſecond chaſſis qui porte les filets, lequel repouſſe autant que l'on veut le bas par le moyen d'une vis qui perce a boîte de la lunette dans la partie ſupérieure où eſt l'écrou, & qui force le reſſort qui le ſoutient par-deſſus, comme la figure 7e. le fait voir. PLANCHE II. *Fig. VII.*

La queue N eſt une verge de fer roide & aſſez forte pour ne pas plier ; elle eſt attachée au long de la boîte de perpendicule, en ſorte qu'elle peut ſeulement monter & deſcendre en tombant juſqu'à terre ; elle ſert pour arrêter le niveau dans l'inclinaiſon où l'on veut le mettre. PLANCHE II. *Fig. V.*

88. Le pied ſur lequel on poſe cet inſtrument, eſt un chevalet comme les Peintres s'en ſervent pour ſoutenir leurs tableaux; on appuye ſeulement le niveau par les arcs-boutants ſur les chevilles du chevalet, en ſorte qu'il peut ſe mouvoir ſur ces chevilles, & s'incliner de côté & d'autre. Du pied qui ſert à ſoutenir cet inſtrument.

On peut aiſément ajouter à chaque pied du chevalet un faux pied de fer en forme de verrouil, qui coule dans les crampons au long du pied de bois que l'on peut arrêter à la longueur que l'on veut par le moyen d'une vis, comme la figure V le montre aſſez clairement ; ce qui eſt d'une grande utilité pour allonger le pied du chevalet dans les lieux raboteux & inégaux. PLANCHE II. *Fig. V.*

89. On ne détermine point la longueur de cet inſtrument; mais on doit ſeulement remarquer que plus il ſera grand, plus on obſervera avec juſteſſe.

90. Ceux dont nous nous servons ordinairement, ont la lunette de trois pieds de longueur, & le perpendicule de quatre pieds.

Quoique le tuyau de perpendicule ait communication avec le tuyau de la lunette, & que son filet ou cheveu passe au travers, cela n'y apporte pourtant aucun changement, étant imperceptible, parce qu'il est trop délié.

Description d'un Niveau d'une nouvelle construction.

Description du niveau que j'ai fait construire pour le nivellement des rivieres de Havel & de Sprée.

PLANCHE III. *Fig. I.*

91. Ce niveau est composé d'une croix de fer marquée A, B, C, de cinq pieds de hauteur, & de quatre pieds de largeur. Les côtés opposés de cette croix sont parfaitement égaux. Ils ont deux lignes d'épaisseur sur un pouce de largeur; & pour que toute la croix ne soit pas si sujette à se plier, elle est encore renforcée par quatre arcs-boutants courbés & renversés qui la rendent plus solide, & servent à l'appuyer, comme la figure premiere le fait voir.

Fig. I & II.

Des chassis qui portent la lunette.

92. Aux deux extrémités B C sont attachés fortement deux chassis quarrés de cuivre ou de fer, pour être capables de plus de résistance.

93. Ces chassis doivent porter une lunette de quatre pieds & demi de longueur; voici comment.

PLANCHE III. *Fig. I.*

94. Dans chacun des deux chassis ainsi attachés contre le fer, est enclavé un autre petit chassis qui se meut justement dans des coulisses de haut en-bas, & de bas en-haut, & qui s'arrête par le moyen de quelques vis en-haut & en-bas, qui

pressent l'une contre l'autre. Ce second chassis est percé en rond pour recevoir le tuyau de la lunette de chaque côté : ce tuyau est de forme cilyndrique ; mais comme il ne fait pas toute la longueur de la lunette, on y ajoute la partie E B qui porte le verre objectif, & qui par la force de la vis, serre fortement le tuyau contre le chassis, afin qu'il ne soit pas sujet à se déranger ni à se tourner.

95. On y ajoute aussi le petit tuyau C F qui porte le verre oculaire, & qui s'enfonce dans le tuyau de la lunette, & s'en retire autant que l'exige la portée de la vue de celui qui observe, ainsi tout le corps de la lunette est de quatre pieds neuf ou dix pouces, en trois pieces. PLANCHE III. Fig. I.

96. Aux foyers de l'un & de l'autre verre, qui deviennent le même lorsqu'ils sont rapportés ensemble, sont posés deux cheveux en croix, les plus fins & les plus déliés qu'il est possible, & ils y sont ainsi posés par le moyen d'un anneau de cuivre, auquel ils sont attachés. Cheveux aux foyers des verres.

97. Celui de ces cheveux qui est posé horisontalement, sert avec le verre objectif de pinules pour viser à l'objet qui paroîtra renversé ; parce qu'il n'y a que deux verres convexes ; mais comme il ne s'agit que d'observer distinctement un point ou une ligne, il importe fort peu que l'objet paroisse droit ou renversé. Outre cela, l'œil y est d'abord accoutumé ; & la vision plus claire qui en résulte, fait qu'on préfere deux verres à quatre verres ; mais si l'on vouloit voir tout dans sa situation naturelle, il n'y auroit qu'à ajouter encore deux verres oculaires convexes.

98. Les deux extrémités de la croix en-haut & en-bas, comme la figure le montre, ont chacune une ouverture. Près de chaque ouverture sont attachées les deux platines rondes de cuivre H G. Au-dessus de la premiere platine en I, est attaché un filet de perpendicule, au bout duquel est suspendu un petit poids K d'environ une once & demi; ce qui fait un rayon de quatre pieds & demi, dont le centre est marqué I sur le bord de la platine.

PLANCHE III. *Fig. I.*

99. Ce perpendicule bat sur la platine H, & son poids est reçu dans l'ouverture au-dessous: outre cela il est bien couvert par une espece d'auget de boids appliqué contre le fer & parfaitement joint; de sorte que le cheveu de perpendicule a son balancement libre, & qu'il ne peut être agité par l'air extérieur.

PLANCHE III. *Fig. IV.*

Comment le cheveu de perpendicule bat sur la platine.

100. Il y a sur la platine quelques points marqués au choix de celui qui travaille; mais lorsqu'il s'est arrêté à un de ces points, & qu'il l'a fait exactement correspondre avec le cheveu de perpendicule pour son premier coup de niveau, il doit pour le second coup, lorsqu'il aura tourné son instrument, s'arrêter au même point, & le faire aussi exactement correspondre avec le cheveu, afin que cela fasse absolument avec la ligne de visée un même angle quel qu'il puisse être; ce qui est assez indifférent, dès qu'on est bien placé à égale distance des termes dont on veut chercher le niveau, comme il a été démontré au Chapitre précédent.

PLANCHE III. *Fig. I.*

Points marqués sur la platine.

101. Ainsi comme c'est du parfait accord du point pris sur la platine avec le cheveu de perpendicule que dépend l'exactitude de l'opération, comme en étant la base, on ne sauroit prendre

La justesse de l'opération dépend du parfait accord du cheveu

prendre trop de précautions pour faire la chose avec le plus de justesse qu'il est humainement possible. avec le point pris sur la platine.

102. Il seroit à propos que cette partie basse qui découvre la platine & le poids de perpendicule, fût aussi couverte de quelque façon, afin d'ôter tout accès à l'air extérieur qui pourroit encore mettre le petit poids en mouvement dans cette partie. PLANCHE III. *Fig. I.*

103. Pour cela je ne vois rien de mieux que d'y ajouter une espece de petite lanterne quarrée LM, avec trois verres bien nets & bien blancs, dont deux sur les côtés & un devant; cette lanterne doit joindre parfaitement, & s'attacher à cette partie basse par deux vis fortes, de façon qu'on pourra l'ôter & la remettre comme on le jugera à propos.

104. On attache le filet de perpendicule à un bout de laiton B, qui étant passé en forme de clef dans un trou fait à la croix au-dessus, & joignant la platine D, la déborde autant qu'il est nécessaire pour que le filet ne fasse que l'effleurer. Ce morceau de laiton est de forme cylindrique, comme la figure le montre. Il est aussi percé d'un petit trou & un peu fendu par le bout. Le petit trou est pour recevoir une épingle C, à laquelle tient le filet qui est ensuite reçu dans la fente, pour être entretenu dans la même situation par rapport au centre qui doit être toujours le même. Cette piece est une des parties essentielles de l'instrument. PLANCHE III. *Fig. V.* Comment est attaché le filet de perpendicule.

105. Le chevalet N sur lequel est appuyée la croix, a quatre pieds, & la soutient à environ quatre pieds & demi de PLANCHE III. *Fig. I.* Chevalet

sur lequel est appuyée la croix.

hauteur. Aux deux têtes du chevalet sont attachées trois bandes de fer O O assez fortes, & qui sortent de quelques pouces. Elles sont percées en six endroits chacune pour recevoir deux broches de fer P qui y doivent être passées horisontalement, & soutenir la croix appuyée dessus par ses arcs-boutants.

106. Au-lieu d'une quatrieme bande de fer qui devroit être pour soutenir la deuxieme broche, on la fait soutenir par une pince Q, dont le bas étant fait en vis, se hausse ou se baisse insensiblement par le moyen d'une petite virole R à écrou; ce qui rend l'instrument beaucoup plus facile à manœuvrer, lorsqu'il s'agit de hausser ou de baisser la mire.

PLANCHE III. *Fig. I.*

107. Tout le corps de la lunette, ainsi que les chassis, se démonte, & tout se met dans une boîte de longueur convenable pour n'être sujet à aucun accident dans le transport. Le pied se plie aussi comme celui d'une table; de sorte qu'on peut monter & démonter l'instrument comme on le juge à propos.

108. Il est aussi à remarquer que le cheveu qui est au foyer des verres ne change point; mais que selon le cas, on doit hausser ou baisser les extrémités de la lunette par le moyen des chassis qui la soutiennent.

PLANCHE III. *Fig. I.*

109. Il n'y a intérieurement dans le tuyau de la lunette qu'un verre objectif de quatre pieds & demi, & un oculaire de deux pouces.

110. Telle est la construction de ce niveau que j'ai fait faire à l'imitation de celui de M. Picard, mais avec beaucoup de

changements, comme il est aisé de le voir en les comparant l'un avec l'autre; ce que j'y ai ajouté ou diminué, n'ayant été que pour le rendre plus commode dans la pratique, & par conséquent plus exact dans les opérations; ce sont, au reste, les mêmes propriétés & les mêmes démonstrations.

111. Les côtés opposés de la croix de M. Picard ne sont pas égaux, celui qui descend est plus long que les autres; par conséquent la platine se trouve basse; ce qui demande plus de peine lorsqu'il s'agit d'examiner & de rapporter le cheveu de perpendicule sur la platine. En quoi ce niveau differe de celui de M. Picard.

112. Le chevalet sur lequel est appuyée la croix de M. Picard, est à trois pieds comme celui d'un Peintre; en quoi je remarque un inconvénient qui est que, lorsque j'ai visé d'un côté, & que j'ai tourné mon instrument pour viser de l'autre, je me trouve, sinon empêché, du moins assez incommodé, lorsque je veux examiner le filet de perpendicule du côté où se trouve le troisieme pied, quoiqu'on puisse le mettre un peu de côté.

113. Lorsqu'il s'agit de hausser ou de baisser la mire, M. Picard ne me dit pas la façon dont je dois le faire, si ce n'est en portant la main sur quelque partie de la croix pour la mouvoir sur les chevilles qui la soutiennent, jusqu'à ce que l'on voye que le filet de perpendicule corresponde parfaitement avec le point. Cette façon de manœuvrer, qui est pourtant celle dont je crois que M. Picard s'est servi, entraîne après soi bien des difficultés, d'autant que cette manœuvre ne peut se faire que par petites secousses, & que la moindre petite chose est capable de déran-

ger toutes les mesures que l'on auroit pu prendre auparavant ; ainsi, si Monsieur Picard a si bien réussi dans ses nivellements, je crois que ce n'a été qu'avec de la peine & du temps, puisqu'il ne marque pas qu'il se soit procuré aucune aisance.

114. La lunette au niveau de M. Picard est de trois pieds, ici elle est de quatre pieds & demi. Son cheveu de perpendicule est de quatre pieds, ici il est de quatre pieds & demi. Enfin, M. Picard avance qu'il peut répondre de deux pouces pour cinq cents verges, & moi je réponds d'un pouce, avec autant plus de certitude, que j'en fais tous les jours la vérification à chaque coup de niveau que je donne.

Maniere de se servir de ce Niveau.

Comment on doit se servir de ce Niveau.

115. Après avoir marqué l'endroit où l'on doit se placer par rapport aux termes que l'on veut niveller, on y pose le chevalet que l'on calle bien, en faisant entrer les pointes de fer qui sont à chaque pied le plus avant dans la terre qu'il est possible. On passe ensuite les broches de fer dans les trous des bandes, comme il a été dit N°. 105 ; & après avoir bien ajusté le filet de perpendicule, on pose doucement la croix sur les broches qui doivent la soutenir, & on y ajoute la barre T X, par le moyen d'une charniere à boulon au point V de la croix. A l'extrémité de cette barre est attaché un poids de fer X, afin que par ce poids, ce ne soit pas la barre qui obéisse à la croix, mais la croix qui obéisse à la barre, puisque c'est elle qui doit diriger son inclinaison.

116. Si la lunette n'est point encore montée, on la monte

alors, on l'ouvre & on met le cheveu qui eſt au foyer des verres, ſur la ligne horiſontale en tournant le petit tuyau CF qui le porte.

117. Il eſt à ſuppoſer que celui qui travaille & qui doit obſerver, aura envoyé à chaque terme de ſon nivellement un aide, qui doit être un homme intelligent, pour lui préſenter une perche BC d'environ dix pieds de hauteur, qu'il doit tenir toujours bien perpendiculaire & droite ſur le terme. Des aides qui doivent préſenter les perches. PLANCHE III. *Fig. VII.*

118. A eſt une planchette de bois léger, qui doit ſe mouvoir juſtement de haut en-bas, & de bas en-haut, le long de la perche, à laquelle elle eſt jointe par une enveloppe de fer I qui eſt par-derriere. Cette enveloppe eſt percée en écrou, afin de recevoir une clef F fait en vis, qui doit ſerrer fortement la planchette contre la perche; de ſorte qu'elle ne puiſſe pas être dérangée lorſqu'on aura fait ſigne de l'arrêter. PLANCHE III. *Fig. VI.*

119. Chaque perche, comme la figure ſeptieme le fait voir, eſt diviſée en pieds, pouces & lignes, & la planchette qui eſt d'un pied en quarré, eſt auſſi diviſée horiſontalement en deux parties égales, dont une ſera tout-à-fait noire, & l'autre blanche. Le derriere de cette planchette doit être auſſi tout-à-fait noir.

120. Il eſt néceſſaire pour la commodité de celui qui tient la perche, qu'il ait attaché à ſa planchette un bâton DE d'environ trois pieds de long, qui deſcende le long de la perche, de façon que l'un & l'autre ne lui faſſe qu'une poignée, afin qu'il puiſſe aiſément hauſſer ou baiſſer ſa planchette d'un bout à l'autre de ſa perche. PLANCHE III. *Fig. VII.*

121. Si la perche de dix pieds ne ſuffit pas, il pourra en faire couler une ſeconde le long de la premiere.

Trois choſes à conſidérer dans le coup de niveau.

122. Ainſi dès que tout ſera bien diſpoſé, alors celui qui obſerve, a trois choſes à conſidérer dans le coup de niveau.

123. La premiere, de viſer directement au terme.

124. La ſeconde, que le filet de perpendicule batte tellement ſur la platine, qu'il ne faſſe que l'effleurer ſans la toucher.

125. La troiſieme, de hauſſer ou baiſſer la mire autant qu'il ſera néceſſaire, juſqu'à ce que l'on voye que le cheveu de perpendicule batte avec une extrême préciſion ſur le point de la platine qu'on aura choiſi.

126. Pour remplir le premier objet, il n'y a rien de plus aiſé, en pouſſant avec le doigt une des broches ſur laquelle la croix eſt appuyée.

127. Le ſecond objet demande un peu plus de peine; il faut avancer & reculer la barre qui poſera ſur une planchette Z, miſe à terre le plus horiſontalement qu'il ſera poſſible; & cette planchette doit être couverte de quelqu'étoffe ou toile, afin que la barre ne puiſſe pas gliſſer trop aiſément deſſus. Cette barre bien manœuvrée, en dirigeant l'inclinaiſon de la croix, dirigera le filet de perpendicule pour lui faire effleurer la platine ſans la toucher.

PLANCHE III. *Fig. I.*

128. Le troiſieme objet ſe remplit aiſément en hauſſant ou

baiſſant un des côtés de la croix, par le moyen de la pince Q, qui ſoutient une des broches ſur laquelle la croix eſt appuyée ; ce qui fait hauſſer ou baiſſer la mire autant qu'on le juge néceſſaire.

129. Dès que ces trois objets ſont parfaitement remplis, on regarde par la lunette ; & ſoit par la voix ou par ſignes, on fait hauſſer ou baiſſer la planchette, juſqu'à ce que l'une ou l'autre de ſes extrémités horiſontales ſoit dans l'interſection du filet qui ſert alors de pinules. Et lorſqu'on voit que tout correſpond parfaitement, on fait ſigne à l'aide de ſerrer la clef, & d'arrêter la planchette ſur ce point, qui ſera celui de viſée. PLANCHE III. *Fig. I.*

130. Cette opération étant faite pour le premier terme, il faudra faire la même choſe pour le ſecond, en laiſſant le chevalet dans la même ſituation. L'opération étant faite pour le premier terme, comment on fera pour le ſecond.

131. On commencera par détacher la barre TX, en ôtant le boulon de la charniere V, & on la poſera contre le chevalet. Il faut enſuite prendre la croix au-deſſous des arcs-boutants, la ſoulever & lui faire faire un demi-tour entre ſes mains, pour la repoſer après ſur les mêmes broches dont on l'aura levée. Et après avoir remis la barre comme elle étoit auparavant, le reſte de l'opération ſe fera comme au premier terme. Et ainſi de même toutes les fois qu'on ſera obligé de tourner & retourner la croix, pour la vérification particuliere de chaque coup de niveau dont nous parlerons enſuite.

132. Lorſque le terrein m'a été favorable, & que je n'ai pas été incommodé par le vent, je n'ai guere mis plus d'une Qu'il ne faut pas plus d'une heure pour donner un

coup de niveau de 250 verges. heure pour niveller deux termes de deux cents cinquante verges de distance.

Description d'un second Niveau aussi d'une nouvelle construction.

133. Ce second niveau a les mêmes propriétés, & est fondé sur les mêmes principes que le précédent. Il ne s'agit que de quelques changements que j'y ai fait pour le rendre encore plus commode dans la pratique, comme on le verra par cette description.

Raisons qui m'ont engagé à faire ce second niveau : changements que j'y ai fait.

134. Quoique je me sois servi avec succès du niveau dont je viens de faire la description & le détail, ainsi que du chevalet sur lequel il est appuyé & de la façon de le manœuvrer, je me suis pourtant apperçu qu'il étoit incommode d'être obligé de lever chaque fois cette croix de dessus son pied, pour la tourner & retourner tantôt d'un côté & tantôt d'un autre, comme aussi de diriger par le tâtonnement cette barre qui détermine l'inclinaison de la croix ; & j'ai jugé que pour remédier à ces inconvénients, & approcher de la perfection le plus qu'il est possible dans cette matiere, je devois faire en sorte de faire tourner toute la machine sur son centre, afin de pouvoir diriger la ligne de visée de tel côté que je voudrai, sans pour cela rien changer dans la disposition. C'est pourquoi je voudrois au-lieu d'un chevalet, l'appuyer sur une espece de lanterne dont l'usage soit aisé, & dont voici la description.

Description de ce deuxieme niveau & de la lanterne qui doit por-

135. Cette lanterne sera composée de deux tablettes rondes A, B, de bon bois, chacune de deux pieds de diametre sur trois quarts de pouce d'épaisseur, & percée de quatre trous, dont

dont un au centre, & les trois autres à égale distance vers la circonférence, comme la figure le fait voir. ter diamétralement la croix de fer.

PLANCHE IV. *Fig. I.*

136. Ces trois trous seront pour recevoir trois montants de bois C faits comme de petites colonnes d'environ 4 pieds & demi de hauteur; observant que leur diametre soit d'un tiers plus petit en-haut qu'en-bas; c'est-à-dire qu'elles soient en-bas de deux pouces, & en-haut de seize lignes, comme la figure le fait voir. PLANCHE IV. *Fig. II.*

137. Chacun de ces montants sera fait en vis par le gros bout B, pour y être reçu dans les trous de la premiere tablette qui seront en écrou, afin qu'ils y demeurent dressés & fortement attachés pour recevoir ensuite la seconde tablette, en faisant passer chacun de ces trois montants par les trois trous; de sorte qu'elle viendra reposer à la hauteur de deux pieds au-dessus de la premiere tablette. On passera en même-temps par-dessus trois viroles F de bois, percées en écrou, qui assureront & serreront fortement la seconde tablette, afin qu'elle ne soit pas sujette à s'ébranler. *Fig. III.*

138. Enfin, au haut de chaque montant, seront attachées trois bonnes fiches de fer X faites en vis, qui recevront un cercle de bois du même diametre que les tablettes, & dont la bande sera de deux pouces de largeur sur neuf lignes d'épaisseur. *Fig. I & II.*

139. Ce cercle sera fortement serré par trois viroles *r* de fer, percées en écrou, pour y être passées dans les trois fiches; de sorte que le tout sera comme une lanterne solide qui posera sur une espece de chandelier triangulaire, dont les deux côtés au-

ront deux pieds & demi de longueur sur deux pouces d'épaisseur.

Fig. I. Du chandelier triangulaire sur lequel pose & tourne la lanterne.

140. Du centre de ce chandelier triangulaire s'élevera une barre de fer ronde D de huit lignes de diametre, & d'environ deux pieds de hauteur, qui étant passée par les trous du centre des tablettes, leur servira d'axe sur lequel on pourra les tourner & retourner de quelque côté que l'on voudra; observant que ledit chandelier soit posé sur le terrein le plus horisontalement qu'il sera possible, & qu'il y soit bien assuré par trois pointes de fer mises à ses trois angles E, comme la figure le fait voir.

141. Mais afin que la premiere tablette qui sera comme la base, ne soit point sujette à un frottement de toute sa surface, il sera bon d'y attacher un cercle tout autour, qui déborde d'environ $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{3}$ pouce, afin qu'il n'y ait plus que la circonférence qui soit sujette au frottement, & qui pour cet effet doit être bien unie & bien polie.

142. Telle est la construction de cette lanterne, dont l'usage est encore plus aisé que celui du chevalet, en ce qu'on peut la monter & démonter autant de fois que l'on veut pour la commodité du transport.

143. On voit aussi par le plan & la description de cette machine, qu'elle est assez solide pour recevoir diamétralement la croix que l'on posera dessus, à peu près de la même façon que sur le chevalet, c'est-à-dire sur des broches de fer I, passées horisontalement par les trous des bandes H aussi de fer, qui seront attachées sur la bande du cercle, & s'éleveront à une certaine

Planche IV. *Fig. I.*

hauteur. Il ſera auſſi attaché ſur la même bande une pince avec une virole G, comme au chevalet, qui ſervira de même pour hauſſer ou baiſſer la mire.

144. Il y aura de plus, que la barre T X, que j'ai dit dans la deſcription du niveau précédent, devoir tomber juſqu'à terre pour diriger l'inclinaiſon de la croix, ne viendra plus que juſqu'à la bande du cercle en M, où elle ſera dirigée par une virole L, qui comme celle de la pince, ſervira à l'avancer ou à la reculer, & par ce moyen déterminera beaucoup plus aiſément l'inclinaiſon de la croix par rapport au filet de perpendicule. Je dis beaucoup plus aiſément, parce que cette barre étant par-devant au-lieu d'être par-derriere, fera qu'en même-temps que l'œil obſervera, la main pourra agir & diriger.

PLANCHE III. *Fig. I.* PLANCHE IV. *Fig. I.* PLANCHE IV. *Fig. II.*

145. Pour la croix & le filet de perpendicule, ils pourroient très-bien demeurer dans le même état, comme je l'ai dit dans la deſcription précédente.

146. Cependant lorſque je ferai faire un ſecond niveau, j'y ferai encore les changements ſuivants.

Des changements à faire du premier au deuxieme niveau.

147. 1°. Je retrancherai les ouvertures qui ſont à la croix de fer, près des deux platines que j'attacherai preſqu'au bout de la croix O; de ſorte que le poids de perpendicule P, qui premiérement étoit reçu dans une ouverture, tombera un peu plus bas que le défaut de la croix, & ſera reçu dans la petite lanterne M, comme il a été dit.

PLANCHE III. *Fig. I.* PLANCHE IV. *Fig. I.*

148. 2°. La bande de la croix de haut en-bas, au-lieu d'être

A a ij

plate & unie, fera ronde & creuse, de même que l'auget qui servira à la recouvrir, & cet auget y sera proprement joint par deux charnieres V; de façon qu'il sera libre de l'ouvrir & de la fermer, comme l'on voudra, pour y ajuster le filet de perpendicule.

149. 3°. Je ferai les bras de la croix qui portent la lunette seulement d'un pied deux pouces de longueur de chaque côté, comme en la figure premiere QR, observant d'y faire les chassis forts & capables de résistance.

150. 4°. Le corps de la lunette qui est de trois pieces dans le premier, sera de quatre dans celui-ci; c'est-à-dire, d'un tuyau cylindrique d'environ deux pieds quatre pouces de longueur qui passera par les chassis, & qui ne les débordera qu'autant qu'il sera nécessaire pour recevoir deux autres tuyaux RS, d'environ treize ou quatorze pouces, qui, par la force de la vis, se serreront mutuellement les uns contre les autres, pour ne faire qu'un corps de lunette, auquel sera ajouté un petit tuyau Y qui portera le verre oculaire, & qui, comme dans la description précédente, sera enfoncé ou retiré autant que l'exigera la portée de la vue de celui qui observe.

151. 5°. Pour bien examiner le cheveu de perpendicule, il n'y aura à la petite lanterne N qu'un petit trou, afin qu'il ne soit pas permis à l'œil de voir le cheveu en tous sens; & dans ce petit trou sera enchâssé un verre convexe qui servira de microscope, pour grossir, autant que l'on voudra, le cheveu de perpendicule & le point; ce qui est d'une extrême importance pour le voir nettement, & pour la grande exactitude requise en ce travail.

De la vérification du Niveau.

152. Je distingue deux sortes de vérifications, celle du niveau & celle du nivellement. Distinction à faire de la vérification du niveau & de celle du nivellement.

153. La vérification du niveau, ou à proprement parler, la rectification, est pour savoir de combien un instrument hausse ou baisse la mire, afin d'opérer en conséquence, ou bien pour le corriger en lui faisant marquer le niveau apparent.

154. La vérification du nivellement est pour se rendre certain si les coups de niveau ont été donnés justes, & par conséquent si l'on peut faire quelque fond sur le nivellement.

155. Lorsque M. Picard a avancé que la vérification du niveau par le renversement est la plus indépendante, il a raison sans doute; mais je ne vois pas comment il a pu l'exécuter avec son niveau, puisque n'y ayant que d'un côté des arcs-boutants pour l'appuyer sur les chevilles, il me paroît, sinon impossible, du moins extrêmement difficile de le renverser, le mettre à même hauteur, attacher avec sa cire exactement le filet de perpendicule, manœuvrer la barre qui dirige l'inclinaison, mouvoir la croix sur les chevilles sans arcs-boutants, &c. Je ne crois pas non plus qu'il l'ait pratiqué. Mais avec les niveaux précédents, je puis le faire sans difficulté, parce que les côtés & les arcs-boutants opposés sont parfaitement égaux. Que M. Picard ne peut que très-difficilement rectifier son niveau par le renversement.

Rectification du Niveau par le renversement.

156. Pour rectifier les niveaux ci-dessus proposés, par le renversement, nous nommerons simplement centre le point A Rectification du niveau par le renversement.

d'où pend le filet de perpendicule, & centre de la platine le
PLANCHE IV. *Fig. IV.* point B de la platine avec lequel on aura fait correspondre le cheveu ; nous supposerons aussi une distance de 150 verges comme CD.

PLANCHE IV. *Fig. IV.* 157. Ayant posé le niveau en C, la hauteur de l'œil sera E ; en visant de E en F, on y fera marquer exactement le point de visée F, & on observera avec une grande attention que dans le moment que l'on vise le cheveu de perpendicule qui pend du centre, corresponde parfaitement avec le point B.

158. Après cela on détachera le filet de perpendicule ; & après avoir renversé l'instrument, on le rattachera de nouveau au même bout de laiton qui sera porté d'une extrémité de la croix à l'autre, & passé de même au-dessus de la platine, comme il a été dit N°. 104, & on fera en sorte qu'il passe bien exactement par le point de la platine B, qui sera alors regardé comme simplement centre ; & ayant reposé la croix sur les mêmes broches, comme elle étoit auparavant, on observera, en visant pour la seconde fois vers le même objet, que le cheveu de perpendicule corresponde parfaitement avec le centre A de la nouvelle platine ; & si dans cette position le point de visée F se rencontre dans l'intersection des filets, c'est une marque évidente que l'instrument est rectifié, & qu'il marque le niveau apparent.

Cas où le niveau haussero it ou baisseroit la mire. *Fig. V.*

159. Mais si l'instrument hausse ou baisse la mire, comme on le propose en cet exemple, hausser de six pouces par-dessus le niveau apparent pour cent cinquante verges, alors en renversant l'instrument de la même façon que dans l'exemple précé-

dent, & observant que les deux centres soient toujours à-plomb, c'est-à-dire que le filet de perpendicule passe par le premier & batte exactement sur le deuxieme, alors, dis-je, l'instrument baissera nécessairement cette seconde fois d'autant qu'il avoit haussé la premiere, c'est-à-dire que s'il a haussé de F en G de six pouces, il baissera après le renversement de F en H de six pouces aussi; ainsi la distance G H sera de douze pouces. Si l'on partage cette distance en deux parties égales, comme ici au point F, & qu'en haussant le bout de la lunette par le moyen des chassis, on y fasse correspondre l'intersection du filet, laissant battre le cheveu de perpendicule toujours exactement sur le même centre de la platine, l'instrument sera rectifié & marquera le niveau apparent.

Maniere de changer les centres des platines.

PLANCHE IV. *Fig. V.*

160. On pourroit aussi le rectifier en changeant un des deux centres; car si dans la même position où la mire aura baissé de douze pouces au-dessus du premier point de visée, on la hausse des mêmes douze pouces, de façon que l'intersection des filets corresponde exactement avec le premier point de visée, alors le filet du perpendicule ne battra plus sur le même centre de la platine; mais pour l'y faire battre, il faudra faire un autre centre, comme du point *a*; ce qui sera aisé en tournant le bout de laiton qui porte le filet, jusqu'à ce que l'on voye que le cheveu batte exactement sur le centre B de la platine. Et comme il s'agit alors de marquer un nouveau centre, il faudra pour cet effet prendre la moitié de la distance entre le centre A que l'on aura laissé, celui *a* à côté, en marquant au milieu exactement un point *b*. Ce point deviendra alors le centre de la nouvelle platine, tellement que si l'on renverse l'instrument pour la troisieme fois, & si l'on fait toujours pendre le filet de

ſon même premier centre, en le faiſant correſpondre parfaitement avec le nouveau centre D, la ligne de nivellement marquera le niveau apparent, & l'inſtrument ſera rectifié; on pourroit de la même façon changer le premier centre au-lieu de changer celui de la platine. Mais cette maniere de rectifier eſt plus propre pour la théorie que pour la pratique; car il eſt bien difficile de faire toutes ces diviſions avec la grande juſteſſe qu'elles exigeroient.

161. Outre cette façon de vérifier un inſtrument par le renverſement, nous en propoſerons encore deux autres, dont voici l'explication.

Seconde façon de rectifier un inſtrument.

Façon de rectifier un inſtrument ſur les bords d'un étang ou de quelqu'eau tranquille. *Fig. VI.* PLANCHE IV. *Fig. VI.*

162. Nous ſuppoſerons qu'on aura pris au bord de quelqu'étang ou de quelqu'eau claire qui ne ſeroit point du tout en mouvement, une diſtance de cent cinquante verges, & que l'on aura fait frapper à chaque terme les piquets A, B à fleur d'eau. Si l'on place l'inſtrument en A, de façon que la hauteur de l'œil ſoit en C, à quatre pieds & demi au-deſſus de la tête du piquet; ſi l'on éleve ſur l'autre piquet B une perche ſur laquelle on aura fait une marque auſſi à quatre pieds & demi, comme D; & ſi après cela, en viſant d'un terme à l'autre, le rayon de viſée ſe rencontre avec la marque D, ce ſera ſigne que l'inſtrument marquera le vrai niveau pour cette diſtance. Mais ſi ce même rayon de viſée donnoit un pouce au-deſſus comme en E, ce ſeroit une marque que l'inſtrument ſeroit rectifié pour marquer le niveau apparent. Si le rayon de viſée donnoit, par exemple, en F, ſix pouces au-deſſus de D, il faudroit alors baiſſer la mire de cinq pouces pour lui faire marquer le

le niveau apparent. Enfin, ſi le rayon de viſée marquoit ſix pouces au-deſſous en G, il faudroit élever la mire de ſept pouces, c'eſt-à-dire de ſix pour les ſix pouces qu'elle marqueroit plus bas que le vrai niveau, & d'un pouce pour lui faire marquer le niveau apparent, puiſque le hauſſement du niveau pour cent cinquante verges eſt d'un pouce.

Troiſieme façon de vérifier un inſtrument.

163. Cette troiſieme façon ne differe de la précédente qu'en ce que dans l'une, les deux points de niveau qui doivent ſervir pour la rectification de l'inſtrument, ſe trouvent naturellement marqués par la ſurface de l'eau ſur laquelle on ſeroit élevé de quatre pieds & demi à chaque terme; au-lieu que dans l'autre, il s'agiroit de chercher premiérement deux points de niveau, comme il ſe verra par l'explication ſuivante. Nous ſuppoſerons pour cette troiſieme façon de rectifier un inſtrument, comme pour les deux premieres, une diſtance de cent cinquante verges. Et ayant placé l'inſtrument en A au milieu & à égale diſtance des deux termes B, C, on en fera d'abord le nivellement, comme il a été dit au Chapitre premier, ſans rectification de niveau, & l'on marquera exactement ſur les deux perches de côté & d'autre, les deux points qui auront été trouvés de niveau, comme D, L. Enſuite tranſportant l'inſtrument en C, on mettra autant qu'il ſera poſſible le point de l'œil au point L, ou bien on y marquera exactement de combien il ſe trouvera au-deſſus ou au-deſſous. Si le point de l'œil eſt rapporté en L, & qu'en viſant de l'autre côté, le point D ſe trouve dans l'interſection des filets, ce ſera une preuve que l'inſtrument marquera le vrai niveau pour cette diſtance, & alors

PLANCHE IV. *Fig. VII.*

pour lui faire marquer le niveau apparent, il faudra hausser le bout de la lunette, par le moyen des chassis, jusqu'à ce que le point de visée soit un pouce au-dessus, qui sera le haussement requis pour que l'instrument soit rectifié, & qu'il marque le niveau apparent.

164. Mais si le point de visée se trouvoit plus haut, comme, par exemple, de quatorze pouces, en G, ce seroit une marque que l'instrument hausseroit de treize pouces, & par conséquent il faudroit s'abaisser de treize pouces pour marquer le niveau apparent.

165. Si la ligne de visée, au-lieu de marquer au-dessus du point D, marquoit au-dessous à la distance aussi de quatorze pouces, en H, ce seroit une marque que l'instrument baisseroit de quinze pouces au-dessous du niveau apparent, & par conséquent pour le rectifier, il faudroit se relever de ces quinze pouces, ou ce qui est le même, d'un pouce au-dessus de D.

166. Si par rapport au terrein, l'instrument ne pouvoit être apporté en L, mais seulement en I au-dessus, ou en K au-dessous, alors il faudroit marquer également, au-dessus & au-dessous de D, comme en E & F; les lignes tirées d'un point à l'autre seroient paralleles, & par ce moyen les mêmes observations se feroient de même façon que s'il étoit rapporté en L.

167. Ces deux dernieres façons de rectifier un instrument, sont, selon moi, les meilleures & les plus commodes de toutes.

Cas où les deux termes ne pourroient être de niveau.

168. Mais s'il arrivoit que les deux termes ne pussent être de niveau, il faudroit alors niveller réciproquement d'un terme

à l'autre, & voir de combien la ſomme des deux points de viſée ſeroit plus grande que celle des hauteurs de l'œil; par exemple, ſi pour une diſtance de cent cinquante verges, la ſomme des points de viſée au-deſſus des termes ne ſurpaſſoit celle des hauteurs de l'œil que de deux pouces, ce ſeroit une preuve que l'inſtrument marqueroit le niveau apparent. Si elle ſurpaſſoit de ſix pouces, alors laiſſant deux pouces pour le hauſſement & prenant la moitié du reſte, ce ſeroit donc deux pouces dont la mire hauſſeroit au-deſſus du niveau apparent. Enfin, ſi la ſomme des points de viſée étoit de ſix pouces moindre que celle des hauteurs de l'œil, il faudroit prendre la moitié de ces ſix pouces qui eſt trois, & y ajouter deux pouces pour le hauſſement, ce qui feroit cinq pouces, dont la mire marqueroit plus bas que le niveau apparent. Ainſi connoiſſant de combien un inſtrument hauſſe ou baiſſe la mire, il ne s'agiroit que de s'abaiſſer ou de s'élever d'autant, avant que de quitter la ſtation.

De la vérification du Nivellement.

169. Cette vérification dépend en partie de la certitude que l'on peut avoir de la juſteſſe de ſon niveau, & de la façon de le manœuvrer. Mais comme cette matiere eſt ſi abſtraite, que quand bien même on ſeroit ſûr par les démonſtrations les plus convaincantes, que le nivellement eſt bon, ſi l'on a pris pour le faire toutes les précautions requiſes, il reſte cependant toujours quelque inquiétude dans l'eſprit de celui qui travaille, ſurtout lorſqu'il y a une diſtance conſidérable entre les deux termes extrêmes de ſon nivellement.

Conſéquences de cette vérification.

170. Quelques Ingénieurs, pour acquérir la certitude de la

La façon de vérifier un ni-

vellement en le recommençant est défectueuse.

bonté de leur travail, l'ont recommencé plusieurs fois : mais je ne trouve pas cette vérification bien sûre; car s'il se trouve de la différence toutes les fois qu'on le recommence, on ne peut guere savoir dans lequel du premier, du second ou du troisieme nivellement, on aura manqué; si ce n'est qu'on prenne ceux qui se rapportent le mieux, & alors ce seroit toujours un ouvrage sans certitude & sans fin.

171. Pour moi, dans le grand nivellement que j'ai fait des rivieres de Havel & de Sprée, de tous les coups de niveau que j'ai donné, j'en ai fait la vérification dans le moment même, & sans changer de station de la façon la plus aisée. Voici comment.

PLANCHE IV. *Fig. VIII.*

172. Supposons deux termes B, C, à la distance de deux cents cinquante verges; l'instrument en A, à égale distance des termes. En visant vers le premier, je fais marquer le point de visée D; ensuite en retournant l'instrument, je fais marquer au second terme le second point de visée E; ces deux points sont de niveau, comme il a été démontré. Mais afin que je sois sûr que le niveau n'a point été dérangé, je le retourne pour la troisieme fois, pour viser derechef vers le premier terme. Et si l'instrument n'a point été dérangé, le premier point de visée déja marqué D, doit se trouver dans l'intersection des filets.

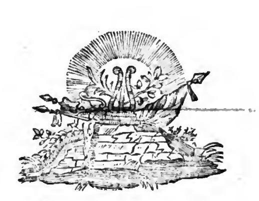
Façon de vérifier en changeant de point sur la platine.

Combien cette façon de vérifier

173. Enfin, pour la vérification encore plus convaincante, laissant l'instrument dans la même position, sans le tourner, je hausse la mire jusqu'à ce que le cheveu de perpendicule batte exactement sur un autre point de la platine à côté du centre; ce qui fera que le point de visée au terme B, se trouvera, par

exemple F, de huit pouces plus haut que le premier point D. Enfin, en tournant l'inſtrument pour la quatrieme fois, & viſant vers le ſecond terme, le point de viſée G doit ſe trouver autant au-deſſus du premier point E, que F l'eſt au-deſſus de D, c'eſt-à-dire, qu'il y aura également de chaque côté huit pouces de différence ; & ſi cela ne ſe rencontre pas juſte, il faudra alors redonner le coup de niveau, juſqu'à ce qu'il ne reſte aucun doute ſur la juſteſſe du coup. Il faut ajouter auſſi qu'il eſt d'une extrême importance, de marquer exactement les hauteurs, puiſque l'erreur d'un ſeul chiffre ſeroit capable de déranger toute la ſuite d'un grand nivellement, comme nous le verrons dans le Chapitre ſuivant.

m'a procuré cette tranquillité d'eſprit ſi néceſſaire dans ces ſortes d'ouvrages.



CHAPITRE III.

De la pratique du Nivellement.

Des instruments dont on doit être muni pour niveller.

174. NOUS supposerons pour la pratique du nivellement, que celui qui en sera chargé sera muni de tout ce qui est nécessaire, comme d'un bon niveau; de trois perches de dix pieds de longueur chacune, & exactement divisées en pieds, pouces & lignes; des instruments ordinaires, comme boussole, astrolabe, planchette, &c. pour lever la situation du terrein par où se doit faire le nivellement; afin, par ce moyen, de marcher le plus directement qu'il sera possible du premier au dernier terme du nivellement : de deux aides intelligents; enfin, de tout ce qui peut contribuer à l'exactitude du travail, pour lequel on ne sauroit prendre trop de précaution. Nous distinguons deux sortes de nivellement, le simple & le composé.

Du Nivellement simple.

175. On appelle nivellement simple, quand on nivelle deux termes d'une seule station, soit qu'elle soit entre les deux termes, soit qu'elle soit à l'un des deux.

176. Nous avons dit dans le Chapitre premier, les différentes méthodes pour marquer deux points de niveau; il s'agit à présent d'expliquer la maniere de comparer avec lesdits points de niveau, les autres points qui marquent les termes du nivellement, pour connoître leur hauteur réciproque; par exemple,

PLANCHE V. *Fig. 1.*

A, B, font les deux termes du nivellement; C, D, font les deux points de niveau; fi on mefure la diftance de A en C, & qu'elle foit de fix pieds, on marquera fur des tablettes, ou fur un livret fait exprès pour cela, fi enfuite on mefure la diftance B, D, & qu'elle foit de neuf pieds, on écrira fi l'on fouftrait fix de neuf, il reftera dont B deuxieme terme eft plus bas que A premier terme.

	Pieds.	Pouc.	Lig.
tablettes, ou fur un livret fait exprès pour cela,	6	0	0
foit de neuf pieds, on écrira	9	0	0
fi l'on fouftrait fix de neuf, il reftera	3	0	0

177. Dans ce premier exemple, les termes du nivellement font au-deffous de la ligne & des points du niveau, comme il arrive ordinairement : mais s'il arrivoit qu'ils fe trouvaffent au-deffus, comme en cet exemple, où A, B font les termes du nivellement, & C, D font les points de niveau : alors mefurant la diftance AC de fix pieds, & la diftance de BD de neuf pieds, on écrira 6—0—0, & deffous 9—0—0. Enfuite faifant la fouftration, 6 de 9, il reftera trois pieds dont B deuxieme terme fera plus élevé que A premier terme. PLANCHE V. *Fig. II.*

6—0—0
9—0—0
3—0—0

178. Par où l'on peut voir que lorfque les termes du nivellement font au-deffus de la ligne de niveau, ceux qui en font les plus près font auffi le plus près du centre de la terre, & par conféquent les plus bas, & qu'au contraire lorfque les termes du nivellement font au-deffous de la ligne du niveau, ceux qui en approchent le plus font les plus éloignés du centre de la terre, & par conféquent les plus élevés.

179. Enfin, fi l'un des termes fe trouvoit au-deffus de la li-

gne de niveau, & l'autre au-dessous comme en cet exemple, *Fig. III.* où B est trois pieds au-dessus, & A neuf pieds au-dessous, alors au-lieu de soustraire, il faut additionner les deux sommes ensemble, & il se trouvera douze pieds, dont A premier terme sera plus bas que B second terme.

180. Cette façon de marquer & de calculer se pratique également pour le nivellement composé, comme pour le simple; faisant attention cependant que dans le nivellement composé, il faut le faire avec le plus grand ordre & la plus grande exactitude qu'il est possible, parce que le moindre manquement seroit quelquefois capable de tout gâter sans peut-être pouvoir y revenir, à moins qu'on ne recommence tout l'ouvrage.

Du Nivellement composé.

181. Le nivellement composé, à proprement parler, n'est autre chose qu'un assemblage de plusieurs nivellements simples relatifs l'un avec l'autre. Mais afin de rendre la chose avec plus de précision & de netteté, nous proposerons un nivellement à faire, & pour termes extrêmes du nivellement, les PLANCHE V. deux points A, N, pris sur les deux rivieres de Zôme & de *Plan & Fig. IV.* Belânn, desquelles on voudroit connoître la hauteur réciproque, pour quelque raison que ce puisse être.

Ce qui doit précéder un nivellement.

182. Pour cet effet, celui qui sera chargé du travail, choisira un temps calme, & où les eaux ne sont pas sujettes à de grands changements, pour faire frapper en même-temps, à l'un & à l'autre terme, deux piquets à fleur d'eau, lesquels une fois mis, ne doivent plus être changés, sous quelque prétexte que ce

ce puiſſe être, & quoiqu'il puiſſe arriver de l'une ou de l'autre part, par rapport à la crue ou à la diminution des eaux; car alors il ne s'agira plus que de connoître de combien la tête d'un des piquets eſt plus ou moins élevée que celle de l'autre piquet; ce qui déterminera la hauteur réciproque de deux rivieres priſes aux termes marqués.

183. Il doit enſuite examiner le terrein entre les deux rivieres, & en faire un plan exact, qui lui ſervira de regle pour le chemin & la conduite qu'il doit tenir dans ſon nivellement. Examen du terrein.

184. Il aura donc remarqué que le chemin le plus court pour marcher de A en N, eſt par la ligne ponctuée AC, HN, & en conſéquence il diſtribuera ſon terrein, pour déterminer la quantité de ſtations qu'il doit faire pour marcher de A en N, comme ici douze, les unes de plus d'étendue que les autres, ſelon l'exigence des cas & du terrein.

185. Il fera frapper à chaque terme, comme A, B, C, D, E, F, &c. des piquets d'un pied & demi de long, ſi le terrein eſt ferme, & de deux pieds & demi, ſi le terrein eſt mouvant ou ſablonneux: leſquels piquets ne déborderont la ſurface de la terre que de deux ou trois pouces, afin qu'on ne puiſſe pas les arracher aiſément, & qu'on puiſſe toujours les retrouver en cas de quelque accident qui pourroit arriver dans la ſuite d'un nivellement. Comment on doit marquer avec des piquets chaque terme du nivellement.

186. Il marquera auſſi avec des piquets frappés à un pied de terre, les endroits où devront être les ſtations, comme en 1,

2, 3, 4, 5, &c. Et ayant partagé une feuille de ſon livret en cinq colonnes, il commencera alors à niveller.

187. Sa premiere ſtation ſera 1 à égale diſtance des deux termes A, B, il y placera ſon inſtrument. La diſtance d'un terme à l'autre étant de cent ſoixante & ſix verges, la ligne de nivellement ſera par conſéquent de chaque côté de quatre-vingt-trois verges.

Maniere d'écrire les termes, hauteurs & diſtances en cinq colonnes.

PLANCHE V. *Profil & Fig. V.*

188. Il écrira donc dans la premiere colonne de ſon Livre, le premier terme A, dans la ſeconde, la quantité de pieds, de pouces & de lignes, dont le point de viſée *a*, qui eſt celui de niveau marqué par l'interſection des filets ſur la perche, ſera plus élevé que le terme A comme ici de 7—6—0. Dans la troiſieme colonne, il marquera le ſecond terme B, & dans la quatrieme, la quantité de pieds, de pouces, &c. dont le point de viſée *b*, ſera plus élevé que le terme B, comme ici 6—0—0. Enfin, dans la cinquieme colonne, la diſtance d'un terme à l'autre, comme ici de 166 verges.

1er. *Terme.*		*Hauteur.*		2e. *Terme.*		*Hauteur.*		*Diſtance.*
A	7	6	0	B	6	0	0	166 Verges.
B	4	6	0	C	5	6	2	250
C	12	8	6	D	8	4	0	240
D	0	0	0	E	4	1	0	250
E	6	10	0	F	2	11	0	250
F	7	0	4	G	4	8	0	300
G	7	7	6	H	10	0	0	250
H	4	6	4	I	8	10	0	110
I	6	3	0	K	10	0	0	130
K	6	4	3	L	5	8	0	250
L	7	0	0	M	8	4	3	250
M	6	5	0	N	7	10	0	250
	76	9	7		82	2	5	2686

82	2	5
76	9	7
5	4	6

189. Pour le fecond coup de niveau, il tranfportera fon inftrument au point marqué 2, pour la feconde ftation, auffi à égale diftance des deux points B & C, qui feront les deux termes de fon coup de niveau; obfervant que B qui étoit le fecond terme dans la premiere opération, deviendra premier terme dans celle-ci. Ainfi il écrira comme auparavant, dans la premiere colonne B, dans la deuxieme 4—6—0, dans la troifieme le deuxieme terme C, dans la quatrieme 5—6—2, dont le point de vifée *d* pour le fecond terme C aura été plus haut que ledit terme; enfin, dans la cinquieme colonne, 250 verges pour la diftance d'un terme à l'autre. PLANCHE V. *Plan & Fig. IV.*

190. Pour le troifieme coup de niveau, comme par rapport à l'inégalité du terrein, il ne lui fera pas poffible de placer fon inftrument à égale diftance des termes; il doit, après avoir marqué l'endroit qu'il aura trouvé le plus commode pour fa ftation, comme ici en trois, noter exactement de combien il fera éloigné de chaque terme, comme en cet exemple, de trois en C, de cent foixante verges, de trois en D, de quatre-vingts verges; le refte fe fera comme dans les ftations précédentes.

191. Pour le quatrieme coup de niveau, il doit être donné relativement au troifieme, c'eft-à-dire qu'il faudra marquer une diftance de quatre-vingts verges, du premier terme D jufqu'au point de la ftation quatre, & une diftance de cent-foixante verges du point de la même ftation quatre jufqu'au deuxieme terme E; ce qu'il faut faire avec une extrême attention. Car, comme nous ne fuppofons pas dans ce nivellement que l'inftrument foit rectifié, il faut que l'erreur caufée dans le premier coup de niveau, par l'inégalité des diftances, foit récompenfée par

Cas où il n'eft pas abfolument néceffaire d'être placé au milieu & à égale diftance des deux termes.

PLANCHE V. *Fig. IV.*

une erreur pareille dans le deuxieme coup, & causée par la même inégalité.

Raison du cas précédent.

192. Cela est vrai : car si nous supposons que la mire hausse de deux pouces pour quatre-vingts verges, elle haussera de quatre pouces pour cent-soixante verges ; ce sera donc une erreur de deux pouces, qui seront de trop dans la premiere colonne ; si ensuite dans la deuxieme colonne, pour le coup de niveau suivant, il se trouve la même erreur de deux pouces aussi de trop, il s'ensuivra qu'une erreur étant soustraite de l'autre, il restera o.

193. J'ai été bien-aise de faire cette remarque ; car je me suis trouvé dans le cas, après avoir donné un bon coup de niveau à une certaine distance, de ne pouvoir plus faire la même chose à une distance pareille de l'autre côté, par rapport à quelques éminences, ou tels autres inconvénients que souvent on ne prévoit pas en commençant à niveller ; ce qui m'a fait observer qu'il n'étoit pas absolument nécessaire d'être placé à égale distance des deux termes, dès qu'on pouvoit en faire la compensation par un second nivellement relatif au premier.

PLANCHE V. *Plan & Fig. IV.*

194. Je pourrois pousser cette proposition encore plus loin ; mais alors la chose deviendroit trop composée.

195. Pour les huit autres stations qui restent, on opérera comme pour ces quatre premieres, en observant que tout soit exactement noté dans chaque colonne, comme dans l'exemple ci-dessus N°. 188 ; & dès qu'on sera parvenu au dernier terme

extrême N par lequel on doit finir, alors on additionnera les sommes de chaque colonne, comme dans le même exemple; après quoi, si l'on soustrait 76 — 9 — 7 = 82 — 2 — 5 le produit de la premiere colonne de celui de la 2e, il restera 5 — 4 — 6, dont le terme N aura été trouvé plus bas que le terme A, qui est ce que l'on s'est proposé de connoître par ce nivellement. Il en sera de même d'un nivellement de quelque étendue que ce puisse être, comme de celui-ci.

Conclusion de ce nivellement.

82 — 2 — 5	*Table N. 188.*
76 — 9 — 7	
5 — 4 — 6	

Du profil d'un Nivellement.

196. Le nivellement étant fait, il s'agit à présent d'en faire le profil. Pour cet effet, on tirera, soit en-haut, soit en-bas du plan, une ligne droite comme en cet exemple la ligne ponctuée O que l'on prendra pour la ligne de niveau. De tous les points, soit des stations, soit des termes marqués sur le plan, on élevera autant de perpendiculaires sur cette ligne, dont les unes marqueront les perches droites sur chaque terme, & les autres la position de l'instrument à chaque station.

Du profil général d'un nivellement.

PLANCHE V. *Profil & Fig. V.*

197. Ainsi commençant par le premier terme A par où passe la premiere perpendiculaire, on marquera sur la perche qui est élevée sur ce terme A, un point *a*, à la hauteur de 7 — 6 — 0, qui est la différence du point de niveau & du terme A. Du point *a* on menera une ligne parallele à la ligne ponctuée O de niveau, qui coupera la troisieme perpendiculaire au point *b* sur la deuxieme perche. De ce point *b* on s'abaissera de six pieds

Maniere de tracer le profil.

jusqu'en B, qui marquera le deuxieme terme de ce premier nivellement : ainsi on verra que le terrein au terme B, sera de 1—6—0 plus haut que le premier terme A.

198. Au milieu des deux termes sera posé l'instrument à la hauteur de la ligne de niveau, & le terrein entre deux tracé selon ses différentes hauteurs.

199. Ensuite on marquera sur la même deuxieme perche la hauteur du point de niveau pour la seconde station, au-dessus du terme B de 4—6—0 comme ici au point *c*, & de ce point on tirera une ligne toujours parallele à la ligne ponctuée de niveau, qui coupera la cinquieme perpendiculaire au point *d* de la troisieme perche; de ce point *d* on s'abaissera de 5—6—2 jusqu'au point C, qui sera le deuxieme terme par rapport au précédent, & le troisieme par rapport au premier. Au milieu & à égale distance des deux termes en 2, on rapportera l'instrument à la hauteur de la ligne de niveau, comme ici au point 2, & on marquera entre les termes & la station, le terrein selon ses différentes hauteurs & inégalités; ensuite faisant la même chose d'un terme & d'une station à l'autre, jusqu'au dernier terme extrême N, on aura exactement le profil du terrein par où on aura passé avec le nivellement, comme ici de toute la ligne ponctuée A B C D E F G H I K L M N.

PLANCHE V. *Profil & Fig. V.*

200. Il en sera de même de tous les profils que l'on voudra faire, soit des hauteurs, soit de la campagne, des canaux, des rivieres, des fontaines, des digues, &c. dès qu'on aura exactement marqué la hauteur de chaque terme du nivellement & de chaque station.

201. Il y auroit cependant ici une remarque à faire à l'égard des profils d'un nivellement : ſavoir quel ſeroit l'objet que l'on ſe propoſeroit, ou bien de connoître ſimplement la hauteur réciproque des deux termes extrêmes, comme dans l'exemple précédent, ou bien de connoître la hauteur détaillée du terrein entre leſdits termes; dans ce ſecond cas, la méthode que je viens de propoſer eſt trop générale, & ne pourroit avoir lieu que comme faiſant partie d'une ſeconde méthode que je vais propoſer en ce même exemple.

Obſervation à faire au ſujet du profil d'un nivellement.

Méthode pour tracer le Profil détaillé d'un Nivellement.

202. On ſuppoſe en cet exemple le nivellement fait depuis A juſqu'en N par un autre chemin que le précédent, mais ſur un terrein qui aura été reconnu pour le plus égal, & le moins élevé au-deſſus du niveau des deux rivieres, afin d'y pratiquer le canal marqué O P Q R S T U X Y pour la communication de l'une avec l'autre.

Du profil détaillé d'un nivellement.

PLANCHE V. *Plan & Fig. IV.*

203. Pour cet effet, on tracera, ſans avoir égard au plan, une ligne ~~ponctuée droite, comme ici de Z en Y,~~ & cette ligne, comme dans le profil précédent, marquera la ligne de niveau ſur laquelle on doit ſe régler pour le reſte.

PLANCHE V. *Profil & Fig. VI.*

204. Enſuite on abaiſſera, ſur cette ligne de niveau, des perpendiculaires qui marqueront les termes du nivellement, & la véritable diſtance de l'un à l'autre.

205. Comme dans ce ſecond nivellement on doit avoir trouvé la même différence de niveau, entre les deux termes extrê-

mes que dans le premier, c'eſt-à-dire, 5 — 4 — 6, on marquera donc, pour commencer à tracer le profil, 5 — 4 — 6 ſur la perpendiculaire au point O, premier terme du nivellement. Sur le point O prolongeant la perpendiculaire, on élevera la premiere perche, ſur laquelle on marquera en *a*, comme dans le profil général précédent, le point de niveau ſelon ſa hauteur au-deſſus du terme O; de même à la ſeconde, troiſieme, quatrieme perche, & les ſuivantes, juſqu'au dernier terme, comme nous l'avons expliqué, N°. 197.

PLANCHE V. *Profil & Fig. VI.*

206. Ainſi, après avoir tracé toutes les lignes de niveau d'un point à l'autre, comme la figure le fait voir, il ne s'agira plus que de détailler le terrein entre chaque terme, ſelon ſes différentes hauteurs.

Raiſon pour laquelle j'ai marqué les diſtances un peu grandes dans ce profil.

207. J'ai marqué dans ce profil, les diſtances un peu grandes, à cauſe du détail; parce que le plus ou moins de longueur en cette circonſtance, ne fait rien à la choſe, dès que je ſuppoſe que l'on peut voir diſtinctement avec une bonne lunette d'un terme à l'autre, & que la même choſe doit ſe pratiquer pour une courte, comme pour une longue diſtance.

PLANCHE V. *Profil & Fig. I.*

208. On verra donc que le terrein depuis O juſqu'en P n'eſt point égal; & pour le rendre dans le profil tel qu'il eſt, en exprimant ſes inégalités ſelon leur juſte valeur, on commencera par placer l'inſtrument à un des termes, comme ici au ſecond en P, obſervant de faire rapporter le cheveu qui eſt au foyer des verres avec le point de niveau marqué *b*; enſuite en viſant vers le premier terme O, on hauſſera ou on baiſſera la mire, juſqu'à ce que l'on voye que le point de niveau marqué

qué au-dessus du premier terme, soit exactement dans l'intersection du cheveu; sans avoir alors égard ni au filet ni au poids de perpendicule, & la ligne de visée d'un point à l'autre, marquera la ligne de niveau.

209. A présent, si, pour marquer la hauteur du bord de la riviere au-dessus du premier terme, on y fait frapper un piquet tout près de terre en *a*, & que sur ce piquet on présente la perche, on verra par ce moyen à quelle hauteur l'intersection du cheveu coupe la perche, comme ici à 4 — 10 — 0: alors on portera sur la ligne de niveau la distance du premier terme au premier piquet, d'où l'on abaissera une perpendiculaire, sur laquelle on marquera la distance de 4 — 10 — 0, au point *a*, ce qui déterminera la hauteur du premier piquet, ou ce qui est le même, la hauteur du bord de la riviere au-dessus de la surface de l'eau, comme le profil le fait voir. PLANCHE V. *Profil & Fig. VI.* PLANCHE III. *Fig. III.*

210. Ensuite, si en avançant vers le point *b*, on y frappe un second piquet toujours sur la ligne des deux termes, & que sur ce piquet on présente la perche, l'intersection du cheveu de la lunette qui reste toujours dans la même situation, la coupera à telle hauteur, comme ici à 4 — 6 — 0; & portant sur la ligne de niveau la distance exacte du premier piquet *a*, au second *b* on y abaissera une perpendiculaire, sur laquelle on prendra une distance de 4 — 6 — 0, que l'on marquera au point *b*, qui est ce qui déterminera la hauteur du piquet, & par conséquent du terrein en cette partie. PLANCHE V. *Profil & Fig. VI.*

211. Pour exprimer le petit fond *c*, on fera frapper exactement au milieu un troisieme piquet *c* à rase-terre, toujours

ſur la ligne des termes, comme les deux premiers, & marquant toujours en avançant ſur la ligne de niveau la diſtance exacte du deuxieme piquet *b* au troiſieme *c*, on abaiſſera comme auparavant, une perpendiculaire, ſur laquelle on marquera la hauteur notée ſur la perche par l'interſection du cheveu, comme ici de 6 — 8 — 0 en *c*; ce qui déterminera le fond, comme on le peut voir par le profil.

212. Pour ce qui eſt du terrein entre chaque piquet, comme la diſtance deviendra courte, il s'exprimera ſelon la prudence & le jugement de celui qui travaille, en quoi il ne lui ſera pas bien difficile de réuſſir, dès qu'il aura exactement les points de toutes les inégalités ſenſibles entre les termes.

PLANCHE V. *Profil & Fig. VI.* 213. Pour faire le même détail du deuxieme au troiſieme terme, comme du ſecond au premier, il ne s'agira que de tourner la lunette, pour viſer au troiſieme terme; le reſte eſt abſolument la même choſe comme du ſecond au premier terme, & ainſi toujours de même d'un terme à l'autre juſqu'au dernier, comme le profil le montre aſſez clairement; par ce moyen, on aura le terrein entre les deux termes extrêmes du nivellement détaillé avec la plus grande exactitude. Si l'on ne vouloit pas reſter à la même ſtation, on pourroit tranſporter l'inſtrument à un autre terme, ou bien le placer entre deux, comme il ſe voit dans le profil ſixieme où il eſt placé entre le deuxieme & troiſieme terme, & alors ce ſera abſolument la même choſe.

Fig. IV. 214. C'eſt avec de ſemblables profils que l'on peut faire une juſte eſtimation des terres qui ſeroient à enlever pour creuſer un canal, comme celui qui eſt projetté ſur le plan pour la com-

munication des deux rivieres, en y ajoutant la profondeur que l'on voudroit lui donner; ce qui demande un autre détail dans lequel je ne me suis pas proposé d'entrer dans ce Traité.

Autre Nivellement composé.

215. Nous proposerons dans la planche sixieme un nivellement composé à faire dans des montagnes & des escarpements, d'une hauteur à l'autre, sans qu'il soit absolument possible de se placer à égale distance des termes, ni de faire un nivellement réciproque d'un terme à l'autre. Nivellement à faire dans un terrein de montagnes, assez difficile.

216. Tel est pour premier terme extrême du nivellement le point A pris sur la surface d'une eau qui tombe des montagnes, & pour dernier terme extrême le point K pris du fond d'un bassin, dans lequel on se proposeroit de pratiquer un jet d'eau. On voudroit connoître de quelle hauteur le jet pourroit être, en conduisant les eaux du point A, comme réservoir, au point K du bassin, par des tuyaux faits & disposés avec toutes les précautions requises. Pour connoitre de quelle hauteur pourroit être un jet d'eau.

PLANCHE VI. *Plan & Fig. I.*

217. Cela se connoîtra par le nivellement que nous proposons en cet exemple; & pour un pareil nivellement, il est nécessaire que l'instrument soit parfaitement rectifié; car si l'on ne faisoit qu'en connoître l'erreur pour une certaine distance, ce que l'on doit au moins supposer, il ne manqueroit pas de s'ensuivre quelqu'autre erreur sensible à cause de la difficulté qui pourroit être de connoître aisément parmi des montagnes, la véritable distance d'un point à un autre. Que pour un pareil nivellement, le niveau doit être rectifié.

218. Ainsi lorsqu'on aura premiérement bien rectifié l'instru-

ment, on le placera pour premiere ſtation au point D. Comme du point A qui eſt le premier terme du nivellement, au point D qui eſt ici le troiſieme terme, la hauteur eſt trop grande & le terrein trop eſcarpé pour pouvoir niveller avec le grand inſtrument, d'un ſeul coup de niveau, il faudra alors ou bien monter de A en D par petits coups avec le niveau d'eau, ou bien ſi on le trouve plus aiſé, deſcendre de D en A; ce qui reviendra toujours au même.

Cas où l'on doit ſe ſervir du niveau d'eau.

PLANCHE VI. *Plan & Fig. I.*

219. J'ai dit au commencement du Chapitre II, Nº. 53 & 54, qu'en ſe ſervant du niveau d'eau pour de courtes diſtances, il ne pouvoit pas s'enſuivre d'erreur ſenſible. Pour procéder dans ce nivellement avec ordre, comme dans le précédent & dans tout autre, on écrira dans la premiere colonne, le premier terme A; dans la ſeconde, la hauteur du point de niveau au-deſſus du terme, comme ici de 21 — 6 — 0; dans la troiſieme colonne, le ſecond terme C; dans la quatrieme, le ſecond point de niveau au-deſſus du terme C, comme ici de 0—9—0, & dans la cinquieme, la diſtance du premier au ſecond terme de quatre-vingt-dix verges.

1er. *Terme.*	*Hauteur.*	2e. *Terme.*	*Hauteur.*	*Diſtance..*
A	21 — 6 — 0	C	0 — 9 — 0	90 Verges.
C	4 — 3 — 0	D	0 — 3 — 0	40
D	3 — 9 — 0	E	16 — 3 — 0	350
E	5 — 0 — 0	F	17 — 9 — 0	250
F	10 — 6 — 0	G	5 — 0 — 0	375
G	5 — 0 — 0	H	19 — 0 — 0	300
H	5 — 0 — 0	K	47 — 3 — 0	1000
	55 — 0 — 0		106 — 9 — 0	2450

106 — 9 — 0
55 — 0 — 0
51 — 9 — 0

PLANCHE VI. *Plan & Fig. I.*

220. Pour la ſeconde ſtation, elle ne pourra pas être entre deux

termes par rapport à l'inégalité du terrein ; mais elle sera au second terme C, où l'on placera l'instrument pour niveller jusqu'en D ; après quoi on marquera dans la premiere colonne C, pour premier terme de ce second nivellement ; dans la deuxieme, la hauteur de la surface de l'eau du niveau au-dessus du terme C de 4 — 3 — 0 ; dans la troisieme, le troisieme terme D ; dans la quatrieme, la hauteur du point de visée *d* au-dessus du terme D, comme ici de 0 — 3 — 0 ; & dans la cinquieme, la distance du deuxieme au troisieme terme, ci 40 verges.

221. Après cela, on laissera le niveau d'eau, pour niveller avec le grand instrument ; car il y a cette différence entre le premier & le second niveau, qu'avec celui-ci on nivellera en cinq coups de niveau, plus exactement le terrein proposé posé dans le plan, qu'on ne feroit en cent vingt coups avec le niveau d'eau, ou tel autre niveau, qui avec des pinules n'auroit que la portée de l'œil sans lunettes.

On laisse le niveau d'eau pour prendre le grand niveau : différence de l'un & de l'autre.

222. Je n'ai proposé en cet exemple que deux coups de niveau d'eau ~~pour monter du premier terme A au troisieme~~ D ; quoique le terrein, comme on le peut voir par le plan, en exigeroit davantage ; mais je l'ai fait ainsi, pour n'avoir point de confusion dans le plan, ni dans les profils, d'autant plus qu'il ne s'agit ici que de la façon dont on doit procéder dans le nivellement d'un terme à l'autre, & que l'on doit opérer pour tel nombre de station que le terrein exigera de plus, comme pour ces deux-ci.

223. A présent nous nous servirons du grand niveau pour niveller d'une seule station, en visant du point D au point E ;

PLANCHE VI. *Plan & Fig. II.*

après quoi on marquera dans la premiere colonne, toujours de suite, le terme D où est la station; dans la seconde colonne, la hauteur du cheveu qui est au foyer du verre objectif, au-dessus du terme D comme ici de 3 — 9 — 0; dans la troisieme le terme E, & dans la quatrieme, 16 — 3 — 0, quoique le point de visée se soit trouvé 16 — 8 — 4. Mais comme pour la distance de trois cents cinquante verges qui est celle du terme D au terme E; le haussement du niveau apparent par-dessus le vrai, est de 0 — 5 — 4; il faudra donc ôter 0 — 5 — 4 de 16 — 8 — 5; & il restera 16 — 3 — 0 pour la hauteur du point de niveau au-dessus du terme E, que l'on écrira dans la quatrieme colonne, & dans la cinquieme trois cents cinquante verges pour la distance du terme D au terme E.

Correction d'un niveau apparent.

PLANCHE VI. *Plan & Fig. I.*

Qu'il faut avoir attention de transporter le niveau avec une extrême précaution, afin qu'il ne se dérange pas.

224. Ensuite on transportera l'instrument au terme E, de façon que l'on soit sûr qu'il n'y soit arrivé aucun changement ni dérangement dans le transport; car si l'on avoit lieu de douter de la moindre chose de changé ou de dérangé, il faudroit alors sans hésiter le rectifier de nouveau. Ainsi on le placera pour la seconde station audit terme E, après quoi on fera le nivellement vers F comme le précédent, observant d'écrire les termes & les hauteurs, chacun exactement dans sa colonne: mais comme dans ce deuxieme nivellement, la distance d'un terme à l'autre, n'est que de deux cents cinquante verges, il n'y aura alors pour la hauteur du haussement du niveau apparent, que 0 — 2 — 9 à retrancher de la hauteur du point de visée, qui étant de 17 — 11 — 9, on écrira pour point de niveau, dans la seconde colonne, 17 — 9 — 0.

225. Après cela on transportera l'instrument avec beaucoup

de précaution en G, second terme de ce nivellement, & l'on visera vers F, comme premier terme que l'on écrira dans la premiere colonne, & dans la seconde la hauteur du point de niveau 1, plus bas de six pouces trois lignes que celui de visée, qui est de 11 — 0 — 3, à cause du niveau apparent par-dessus le vrai, qui est de six pouces trois lignes pour la distance de trois cents soixante & quinze verges entre le terme & la station. Ainsi en ôtant 0 — 6 — 3, de 11 — 0 — 3, il restera 10 — 6 — 0, pour la hauteur du point de niveau 1, que l'on écrira dans la seconde colonne; dans la troisieme, le second terme G; dans la quatrieme, la hauteur de l'instrument au-dessus du terme G, & dans la cinquieme, la distance entre les termes de trois cents soixante & quinze verges.

226. Ensuite, sans changer de station, & ne faisant que tourner l'instrument pour niveller vers H, on fera la même chose comme pour les coups de niveau précédents. PLANCHE IV. *Plan & Fig. I.*

227. Enfin, transportant l'instrument en H pour derniere station, & supposant la lunette assez bonne pour voir distinctement un point au-dessus du château, où l'on feroit alors présenter la perche, il ne s'agiroit plus que de mesurer la hauteur du point d'interfection sur la perche en *n* jusqu'au point *o* où elle est posée; après cela mesurer la hauteur depuis le point *o* jusqu'au rez de-chaussée I, & depuis le rez-de-chaussée jusqu'au bassin K; ce qui feroit en tout 50 — 9 — 7, desquels seroient à déduire 3 — 9 — 7 de haussement du niveau apparent par-dessus le vrai pour la distance de mille verges, qui est celle des termes; ainsi on auroit du point de niveau *n* jusqu'au fond du bassin K, 47 — 0 — 0 de hauteur, que l'on écriroit dans la quatrieme colon- On peut avec une bonne lunette niveller 1000 verges.

ne, & dans la cinquieme 10 0 verges pour la distance d'un terme à l'autre. Ainsi après avoir écrit tout, & chaque chose dans sa colonne, comme nous avons dit, on fera les additions & les soustractions, comme on l'a vu ci-dessus, N°. 220, & on trouvera que le point A est plus élevé de 51 — 9 — 0 que le point K du fond du bassin ; ce qui fera que la hauteur du jet d'eau pourra être à proportion d'envion quarante-cinq pieds selon le diametre des tuyaux & les autres détails qui les concernent ; mais dont il ne sera pas question dans ce Traité. Pour ce qui est de la vérification de ce nivellement, aussi-bien que d'autres pareils à celui-ci, où l'on seroit obligé de niveller de hauteurs en hauteurs, elle ne peut guere se faire qu'en vérifiant chaque coup de niveau à chaque situation par le renversement de l'instrument.

Conclusion de ce nivellement.

La vérification de ce nivellement se fera par le renversement du niveau.

Profil général de ce Nivellement.

PLANCHE VI. *Profil & Fig. II.*

228. Pour ce qui est du profil général de ce nivellement, tel qu'il est marqué au bas du plan, il n'y aura aucune difficulté pour le faire conformément à la premiere méthode proposée pour le profil général du nivellement précédent, dès qu'on aura dans chaque colonne les différentes hauteurs principales exactement écrites.

Profil détaillé de ce Nivellement.

229. Mais si on vouloit faire le profil détaillé des montagnes par lesquelles on auroit passé en nivellant, alors la chose ne seroit plus si aisée, parce qu'on n'auroit point de perches assez longues pour atteindre du fond jusqu'à la ligne du nivellement ; par

Profil détaillé des montagnes.

par conséquent la seconde méthode proposée pour tracer un profil détaillé, ne pourroit avoir lieu dans celui-ci.

230. Supposons, par exemple, qu'on veuille détailler le profil des deux hauteurs D, E, & le fond entre deux ; alors, selon la seconde méthode, on placera l'instrument en D, & on visera vers E, de façon que le point de niveau marqué *f* sur la perche soit dans l'intersection du cheveu, ce qui marquera la ligne de niveau de *e* en *f*. Après cela, avec de grandes perches, on pourra, selon la seconde méthode, parvenir à détailler le plus bas qu'il sera possible de chaque côté, comme ici jusques aux points *a* & *b* ; après quoi pour descendre jusqu'au fond, & détailler le reste, on se servira du niveau d'eau, comme l'exemple le fait voir, en descendant du point *a* jusqu'aux points *d*, *e*, & remontant ensuite du point *e* jusqu'au point *b* ; ce qui ne sera rien moins que difficile à exécuter, pour peu que celui qui travaille ait d'expérience & de connoissance de ce qu'il fait, & de ce qu'il a à faire. En faisant la même chose de hauteur en hauteur depuis le premier jusqu'au dernier terme, il aura le profil détaillé de tout son nivellement. Je n'ai marqué ici que quatre coups de niveau d'eau, quoique pour cette distance, il devroit y en avoir davantage : mais je l'ai fait afin d'éviter la longueur & l'obscurité ; car pour quatre coups de niveau, c'est bien la même chose que pour un plus grand nombre.

L'instrument doit être bien rectifié.

Cas où l'on doit se servir du niveau d'eau.

231. Il pourroit aussi y avoir dans la suite de pareils nivellements, quelques cas particuliers qui étonneroient d'abord, mais qui pourtant ne pourroient pas souffrir de grandes difficultés, dès qu'on fera sérieusement attention à la chose, & qu'on observera ce que j'ai dit ci-dessus.

Qu'il n'y a point de cas dont on ne puisse lever les difficultés, en observant les méthodes & regles ci-dessus proposées.

Troisieme nivellement composé.

232. Pour troisieme exemple d'un nivellement composé, je proposerai celui d'une riviere & de toute eau courante, tel que celui que j'ai fait d'une partie de la riviere d'*Haynox*, depuis LIGNEBRUK, jusqu'à VILLEBOURG, & pour regles générales la conduite que j'ai tenue dans ce nivellement.

Précautions qu'il faut prendre lorsqu'il s'agit d'un grand nivellement.

PLANCHE VII. *Plan & Fig. I.*

233. J'ai donc choisi un temps calme, & où les eaux ne sont pas sujettes à de grands changements, pour faire frapper en même-temps en plusieurs endroits de la riviere, ou des bras qui y ont rapport, des piquets à fleur d'eau, ou bien pour y faire quelques marques équivalentes, lesquels piquets & marques ont été les termes principaux de ce nivellement.

234. Le premier piquet mis en A, au-dessus des moulins de LIGNEBRUK, marque la hauteur des eaux hautes au-dessus desdits moulins, & a été le premier terme de ce nivellement.

Différence des eaux hautes aux eaux basses par rapport aux moulins.

235. Le piquet *b* marque la hauteur des eaux basses au-dessous de ces mêmes moulins, pour faire connoître la différence des eaux hautes aux eaux basses, quelque changement qui ait pu arriver dans la suite du nivellement, qui, en ce cas, est censé avoir été fait dans le même moment que les piquets ont été frappés.

136. Le piquet B sur le bord de la riviere, marque le second terme principal du nivellement.

PLANCHE VII. *Plan & Fig. I.*

237. Les piquets ou marques C & D au-dessus & au-dessous

des moulins de MAZURANCE, marquent la hauteur de leurs eaux hautes & basses & leur différence ; ce sont aussi les troisieme & quatrieme termes principaux.

238. Enfin, les piquets frappés en E & en F au-dessus & au-dessous des moulins de VILLEBOURG, marquent, comme à MAZURANCE, la différence des eaux hautes & basses, & sont les derniers termes extrêmes de ce nivellement.

239. J'ai donc tout disposé pour que toutes ces marques fussent faites exactement à fleur d'eau par toute la riviere, dans le même jour, à la même heure & au même moment ; ce qui m'a donné avec la plus grande justesse, la véritable situation de la riviere pour ce moment, auquel, comme je l'ai déja dit, le nivellement est censé avoir été fait. De cette façon, je n'ai eu rien qui ait pu m'embarrasser dans la suite du nivellement, quoiqu'il ait pu arriver, soit par rapport à la crue, soit par rapport à la diminution des eaux.

240. Les principaux termes de mon nivellement étant ainsi déterminés & fixés, il ne s'agissoit donc plus que de niveller d'un terme à l'autre, selon les méthodes ci-dessus proposées, en profitant autant qu'il est possible des avantages qui peuvent contribuer au progrès & au succès de l'ouvrage, & en évitant de même tous les obstacles & difficultés qui pourroient y préjudicier.

241. La premiere regle qui doit être observée, c'est de marcher par le plus court chemin qu'il est possible d'un terme à l'autre.

Que la ligne la plus courte est la meilleure pour un nivellement.

242. On ne ſuivra pourtant pas cette regle à la lettre, s'il ſe rencontre dans l'intervalle de grands obſtacles & des difficultés, comme des hauteurs, des bois difficiles, des marécages, &c., ou bien ſi en s'en écartant, on y trouve un avantage marqué, comme en cet exemple, où pour marcher de A 2, premier terme, juſqu'en B ſecond terme, j'ai profité des étangs qui ſe ſont trouvés un peu à gauche de la ligne droite de mon nivellement; par où l'on peut voir que j'ai beaucoup gagné, & que le chemin que j'ai ſuivi par la ligne ponctuée A *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, *k*, B, quoiqu'il paroiſſe plus long, eſt en effet le plus court, puiſque je n'ai eu à niveller que les diſtances d'un étang à l'autre comme celles de A *c*, *de*, *fg*, *hi*, *k* B, les diſtances entre les termes *cd*, *ef*, *gh*, *ik*, faiſant néceſſairement chacune une ligne de vrai niveau formée par la ſuperficie de l'eau de chaque étang. Car on ne doute pas qu'il n'y a point de lignes ni de points de niveau plus ſûrs que ceux de la ſurface d'une eau qui n'a point de courant, & qui n'eſt point en mouvement, & qu'il eſt toujours bon de profiter d'un avantage auſſi conſidérable, tant pour abréger l'ouvrage, que pour le faire avec plus d'exactitude.

Cas où on ne doit pas ſuivre la ligne la plus courte.

PLANCHE VII. *Plan & Fig. I.*

243. D'ailleurs, le nivellement entre chaque terme ſe fait ſelon les regles ci-devant dites, & qu'il n'eſt pas néceſſaire de répeter ici davantage.

244. On peut donc par le plan, & en conſidérant le cours & les ſinuoſités de la riviere, voir de combien j'ai abrégé l'ouvrage par le chemin que j'ai tenu, & quelle exactitude il en résulte; car comme il ne s'agit pas ici de la longueur du cours de la riviere, mais uniquement de la hauteur réciproque d'un

Qu'il ne s'agit pas de la longueur de la riviere, mais de la hauteur réciproque d'un terme à l'autre.

point à un autre pris sur la surface de son eau, qui est ce qui en détermine la pente, il est fort indifférent de chercher à la connoître, ou bien en suivant le courant de l'eau, ou bien en marchant par le chemin le plus court, pour arriver d'un point donné comme ici A 2 à un autre point comme B; ce qui est très-aisé à concevoir dès qu'on y fera la moindre attention.

245. Ayant donc nivellé de A jusqu'en B, comme je viens de le dire, & écrit exactement dans les colonnes de mon Livre, les termes, les hauteurs & les distances, j'ai continué de même de B jusqu'en C, en suivant la ligne ponctuée B *lmno* C, qui m'a paru la plus aisée & la plus convenable; par où j'ai connu avec une extrême précision, de combien la surface de l'eau au premier terme A, est plus haute que celle du terme C au-dessus des moulins de MAZURANCE; par conséquent de combien les moulins de LIGNEBRUK sont plus élevés que ceux de MAZURANCE, de combien la surface de l'eau est plus haute à une station qu'à l'autre, & toutes les conséquences qui doivent en résulter.

246. J'ai nivellé ensuite les deux termes C, D au-dessus & au-dessous des moulins pour connoître la différence de leurs eaux hautes & basses.

247. Du terme D, j'ai nivellé à travers la campagne jusqu'au terme *p* sur le bord de la fidel-zée; & laissant ce point *p* pour reprendre à l'autre extrémité de l'étang le point *q*, qui est le même que *p*, étant, comme je l'ai déja dit, tous les deux de niveau, j'ai passé de la fidel-zée à l'ox-zée, en nivellant par le bois de *q* en *r*, que j'ai encore laissé pour reprendre le terme *s*, d'où j'ai ni- PLANCHE VII. *Plan & Fig. I.*

vellé jusqu'en *t*, & de *t* jusqu'en E, au-dessus des moulins de VILLEBOURG, & de E en F au-dessous desdits moulins.

248. Par ce nivellement, j'ai connu de combien les eaux au-dessus & au-dessous des moulins de LIGNEBRUK, sont plus hautes que celles des moulins de MAZURANCE; de combien celles des moulins de MAZURANCE sont plus hautes que celles des moulins de VILLEBOURG, & toutes les conséquences que l'on doit en tirer.

De quelle conséquence il est de bien connoître le terrein.

249. Telle est la conduite que j'ai tenue dans ce nivellement, & celle que l'on doit tenir dans tous les ouvrages de cette nature. L'on peut voir par cet exemple, de quelle conséquence il est de bien connoître le terrein, tant pour éviter les difficultés qui pourroient se rencontrer dans la suite d'un nivellement, que pour profiter d'une infinité d'avantages très-considérables.

250. Ce nivellement a été de près de cinq milles d'Allemagne en ligne droite, & d'environ neuf ou dix milles en suivant le cours de la riviere selon ses sinuosités. Il s'agit à présent de faire le profil de ce nivellement pour en marquer exactement toutes les particularités.

Profil du troisieme Nivellement composé.

Comment doit se faire le profil de ce nivellement.

PLANCHE VII. *Plan & Fig. II.*

251. Pour tracer ce profil, j'ai fait d'abord la ligne ponctuée A G pour être celle de niveau, sur laquelle j'ai abaissé des principaux termes du nivellement, comme ici A, B, C, D, autant de perpendiculaires, qui étant prolongées d'une façon indéterminée, ont servi à tracer le profil de la maniere suivante.

En commençant par le premier terme A, qui eſt celui des eaux hautes de LIGNEBRUK, j'ai pris ſur la perpendiculaire une diſtance de trois pieds marquée *b*, pour la différence que j'ai trouvée des eaux hautes aux eaux baſſes. De ce point *b*, j'ai mené la ligne ponctuée *b c*, parallele à celle de niveau A G. Du point *c* j'ai marqué ſur la perpendiculaire une diſtance de quatre pieds juſqu'en B; & cette différence eſt celle que j'ai trouvée de différence de hauteur du terme *b* au terme B. Du point B, j'ai mené la ligne ponctuée parallele B *d*. Je me ſuis enſuite abaiſſé de *d* en E de trois pieds pour la différence du niveau du terme B au terme C; & de quatre pieds & demi de C en D, pour la différence des eaux hautes aux eaux baſſes des moulins de MAZURANCE. Du point D, j'ai mené une ligne parallele ponctuée juſqu'au point *e*, & ſur la perpendiculaire du point *e* juſqu'en E, j'ai marqué trois pieds pour la différence de niveau trouvé du terme D au terme E. Enfin, du point E au point F ſur la même perpendiculaire, j'ai marqué un pied ſix pouces pour la différence des eaux hautes aux eaux baſſes des moulins de VILLEBOURG; ce qui fait voir que le terme A ſur le bord de l'eau, qui eſt le même que le point A des eaux hautes des moulins de LIGNEBRUK, eſt plus haut que le terme C des eaux hautes des moulins de MAZURANCE, de dix pieds; de même le terme C des eaux hautes de MAZURANCE, eſt plus haut que le terme E des eaux hautes des moulins de VILLEBOURG, de ſept pieds & demi. Si l'on y ajoute un pied & demi pour la différence des eaux hautes aux eaux baſſes, on aura dix-neuf pieds; donc les eaux hautes de LIGNEBRUK, ſont plus hautes que les eaux baſſes de VILLEBOURG.

PLANCHE VII. *Plan & Fig. II.*

De combien les eaux ſont plus hautes à LIGNEBRUK

253. Si dans quelques nivellements pareils à celui-ci, il ſe trou-

QU'À VILLEBOURG. voit quelques différences notables dans le cours d'une riviere, comme dans les endroits où elle est plus resserrée dans des bords étroits, & où elle a moins de fond que dans ceux où elle a plus d'étendue : ce qui ne peut manquer de faire toujours une grande différence par rapport au plus ou moins de rapidité, & par conséquent par rapport au plus ou au moins de niveau d'un lieu à un autre : il faut alors avoir soin de la marquer exactement dans le profil du nivellement, & cela est d'autant plus d'importance que les conséquences qui en résultent sont assez souvent fort considérables.

254. Par ces trois exemples du nivellement composé, on verra qu'il n'y a point de cas, quelque difficile qu'il puisse être, qui doive embarrasser un Ingénieur, pour peu qu'il entende son métier, lorsqu'il suivra les maximes ci-dessus proposées, & qu'il observera une conduite exacte & uniforme dans son travail.

Quatrieme exemple d'un Nivellement composé.

255. S'il s'agit de niveller de tout côté & en tout sens une certaine étendue de terrein, comme, par exemple, une Place avec ses environs dont il faudroit absolument connoître avec le plus grand détail & la plus grande exactitude, toutes les hauteurs & les fonds, soit pour en faire un relief, soit pour y projetter quelques ouvrages, soit pour connoître avec une extreme précision les hauteurs dont la place seroit environnée, de combien elle commanderoit ou seroit commandée, &c. l'instrument que j'ai proposé, & dont j'ai fait la description dans le Chapitre précédent, N°. 133, seroit très-propre pour cela.

256.

256. Suppofons pour exemple LIGNEBRUK, avec fes environs, dont on voudroit connoître toutes les différentes hauteurs & fonds, pour quelques unes des raifons ci-deffus dites. Il faudroit après avoir rectifié l'inftrument par quelques-unes des méthodes ci-devant propofées, le placer en quelqu'endroit commode, à une certaine hauteur d'où l'on puiffe voir une grande étendue de terrein, comme vers la pointe d'un baftion : on pourroit auffi fe fervir de la ftation même pour le rectifier. PLANCHE VII. *Plan & Fig. I.*

257. Il eft à fuppofer que l'on auroit mis aux termes principaux du nivellement que l'on fe propoferoit de faire, des piquets à fleur de terre, qu'on les auroit numérotés, & exactement notés fur le plan des environs, qui, pour cet effet, auroit été levé avec la plus fcrupuleufe exactitude.

258. Si d'un point de ftation pris fur la pointe d'un baftion, on nivelle avec l'inftrument bien rectifié, en préfentant fur chaque terme une perche de longueur convenable, on aura exactement toutes les hauteurs réciproques d'un terme à l'autre.

259. J'ai dit que l'inftrument que j'ai propofé dans le Chapitre précédent, feroit le plus propre de tous pour ces fortes d'opérations, parce que pouvant tourner fur fon centre, on pourroit tirer autant de lignes de nivellement que l'on pourroit fuppofer de rayons dans un cercle ; lefquelles lignes de nivellement recouperoient autant de points de niveau fur les perches préfentées à chaque terme, fans préjudice à l'égard que l'on devroit avoir pour le hauffement du niveau apparent. On pourroit faire la même chofe tout autour de la Place, changeant de ftations autant de fois que le cas & le terrein l'exigeroient ; pour

peu que l'on faſſe attention à la choſe, on verra qu'elle ne feroit ſuſceptible d'aucune grande difficulté, dès qu'on obſerveroit de noter exactement les différentes hauteurs ſur le terrein, ſur le plan, & ſur un livret préparé pour cela.

260. Si l'on vouloit entrer dans un plus grand détail, il ne s'agiroit alors que de niveller d'un terme à l'autre, avec un petit niveau, & d'en faire les profils de la façon que nous avons déja dit. De cette maniere on pourroit remplir, avec une extrême préciſion, les objets que l'on ſe feroit propoſés.





Extrait des Regiſtres de l'Académie.

Du Jeudi 10 Juin 1751.

MONSIEUR le Directeur & Profeſſeur EULER *a fait rapport qu'ayant lu le Traité de M. le Capitaine* LE FEBVRE *ſur le Nivellement, il a trouvé que toutes les pieces qu'il avoit ajouté aux inſtruments qu'il propoſe pour ce deſſein, concourent à en faciliter les opérations, & à les porter à tout le degré de préciſion qu'on peut ſe promettre dans ces ſortes d'opérations.*

Je certifie que cet Extrait eſt exactement conforme aux Regiſtres. A Berlin ce 18 Juin 1751.

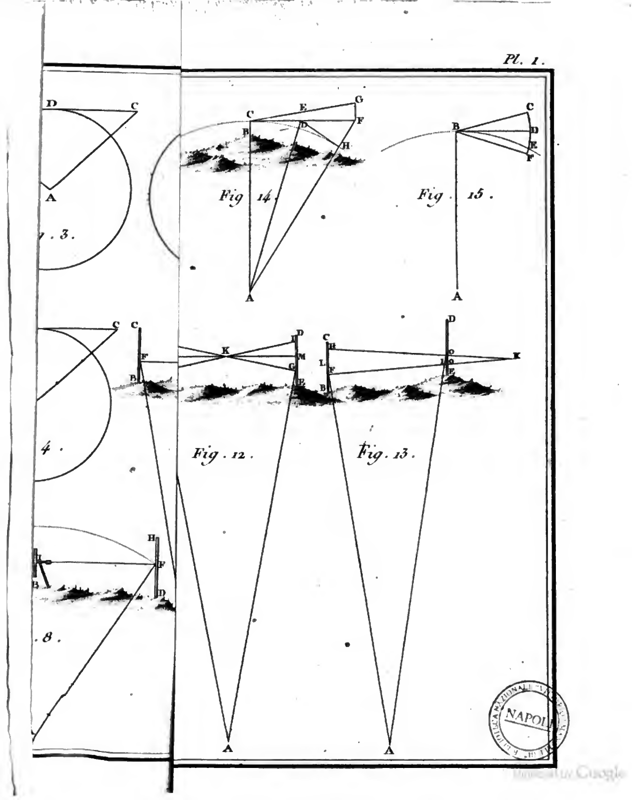
Scellé du Sceau de l'Académie, & Signé

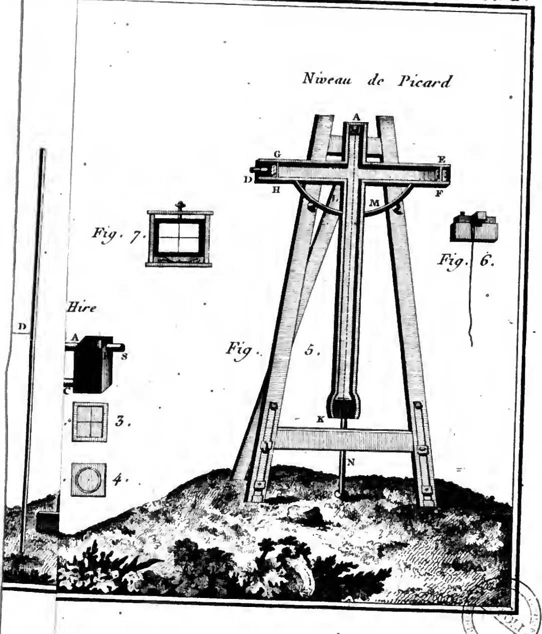
FORMEY, Secretaire perpétuel.

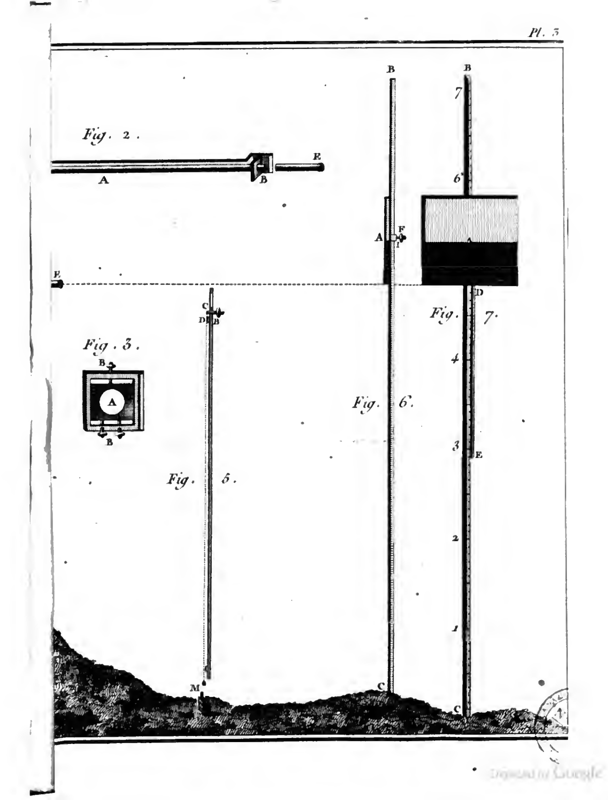
APPROBATION.

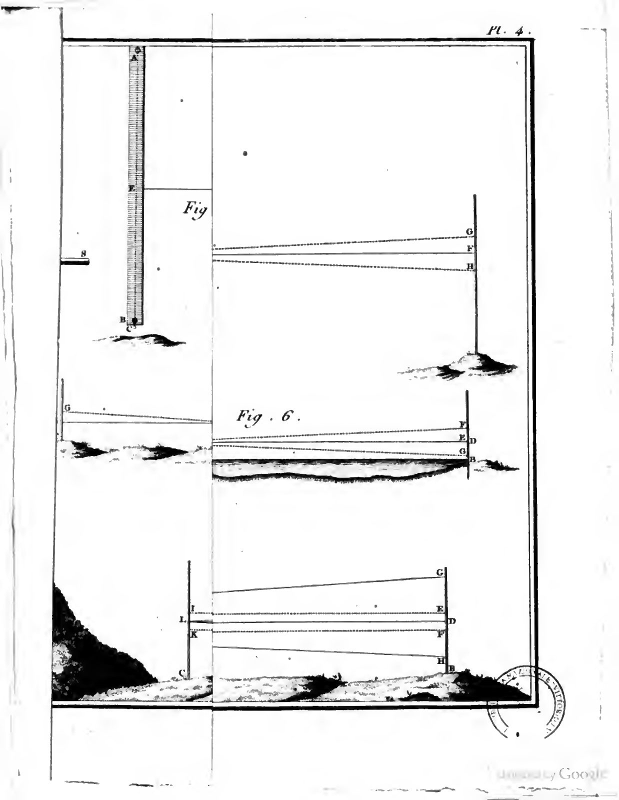
NOUS ſouſſigné Feld-Maréchal des Armées de SA MAJESTÉ *le Roi de Pruſſe, Chevalier de l'Ordre de l'Aigle Noir, &c. certifions que nous avons vu & examiné le Niveau dont M. le Capitaine* LE FEBVRE *a fait l'épreuve devant Nous; que cet inſtrument a, outre toutes les propriétés de celui de M. Picard, celle d'être bien plus commode dans la pratique, & que les changements qu'il y a fait, auſſi-bien que pluſieurs pieces eſſentielles qu'il y a ajouté, le rendent bien plus aiſé pour acquérir cette grande préciſion requiſe dans les opérations du Nivellement; & en conſéquence, nous lui donnons notre approbation. A Berlin ce 17 Août 1750.*

Signé LE COMTE DE SCHMETTEAU.

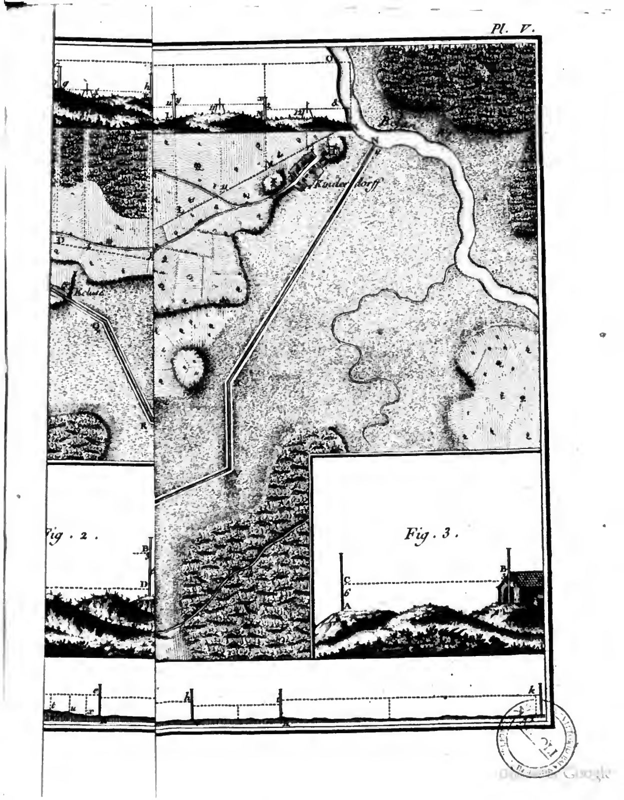

D
C
A
. 3 .
C
E
G
F
B
D
H
Fig 14.
A
C
B
D
E
F
Fig . 15 .
A
C
F
B
4 .
K
I
D
N
G
E
Fig . 12 .
C
H
L
F
B
D
O
I
O
E
K
Fig . 13 .
H
F
B
D
. 8 .
A
A
NAPOLI

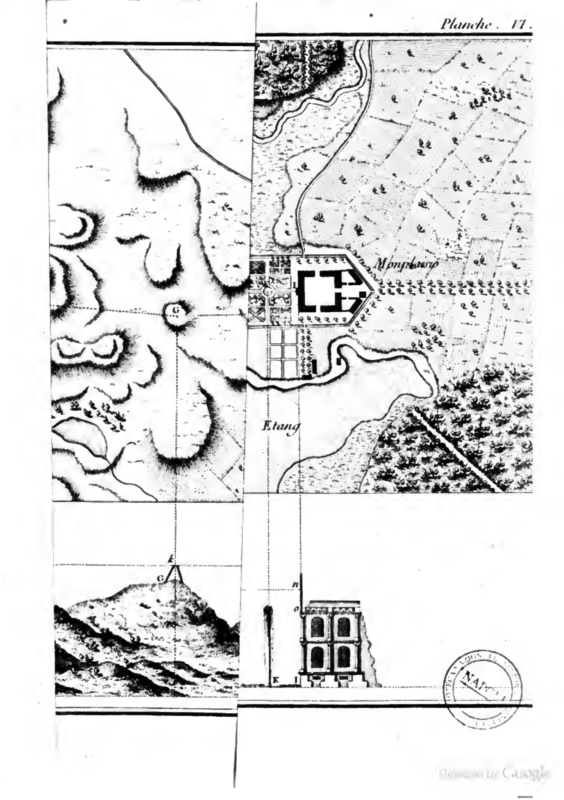

Niveau de Picard
A
G
E
D
H
F
M
Fig. 7.
Fig. 6.
Hire
D
A
S
C
Fig. 5.
3.
K
4.
N

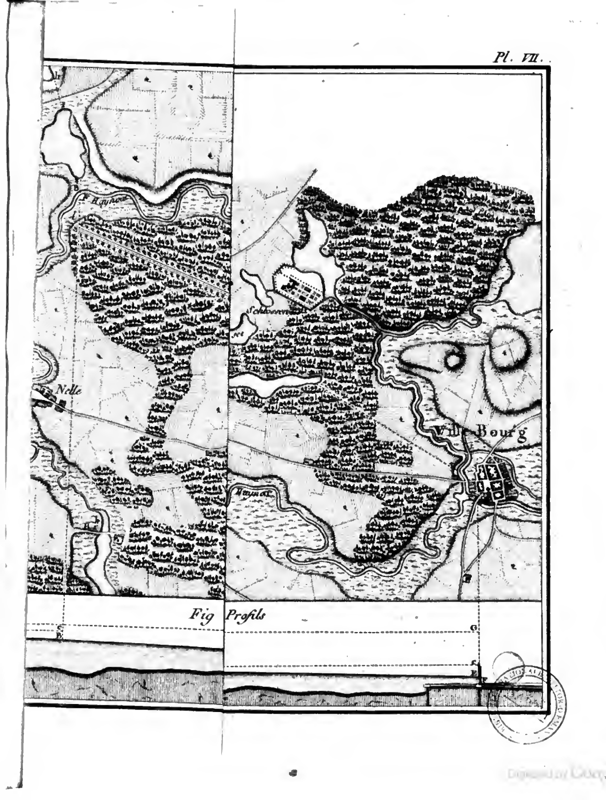

Fig. 2.
A
B
E
B
A
F
I
6
7
B
E
C
D
B
Fig. 3.
B
A
B
Fig. 5.
M
Fig. 6.
C
D
Fig. 7.
4
3
E
2
1
C



Pl. 4.
Fig
Fig. 6.
A
E
B
C
S
G
F
H
G
F
E
D
G
B
G
I
L
K
C
E
D
F
H
B


Kindersdorff
Fig . 2 .
Fig . 3 .


Monplaisir
G
Etang
k
G
n
o
K
I


Nelle
Ville Bourg
Fig
Profils

ESSAI
SUR
LA MANIERE
DE
FAIRE LES CARTES.



ESSAI
SUR
LA MANIERE
DE
FAIRE LES CARTES.

LA Carte la plus générale que nous ayons est celle du Globe terrestre, qui varie selon les différents sens dans lesquels la Terre & les Mers y sont représentées. Des Cartes générales.

Les Cartes de l'Europe, de l'Asie, de l'Afrique, & de

exprimés, pour ainſi dire, en relief, tandis que tout ce qui y eſt ainſi repréſenté n'eſt pour la plupart, rien moins que vrai, & que les poſitions des lieux y ſont preſque toutes fauſſes au moins quant à ce que j'en ai vu par moi-même? Il n'en eſt pas de même des grandes Cartes de la Flandre & du Brabant gravées à Bruxelles, par *Frix*, & enſuite à Paris, par *Le Rouge*. Ces Cartes nous ont été très-utiles dans la derniere guerre en Flandres.

Nous avons les Cartes de la Siléſie, de la Boheme, de la Moravie, de la Saxe, de la Weſtphalie, &c. qui nous ſont d'une très-grande reſſource dans cette guerre-ci: il en eſt une infinité d'autres, comme du cours du Rhin, du Danube, du Pô, &c. qui ſont très-bonnes.

Il ſe trouve quelquefois des morceaux de terrein fort détaillés & très-bien levés, des plans de Villes avec leurs environs ſouvent fort étendus, des Bailliages, même des terres de ſimples particuliers, qui, ſelon les circonſtances, ne ſeroient nullement à négliger.

Cet Eſſai n'a pour objet que les Cartes générales.

Au reſte, je préviens que cet Eſſai n'a pour objet que les Cartes générales quelconques, me réſervant, pour un autre endroit, les détails qui concernent les Cartes particulieres.

Par qui elles doivent être levées?

Généralement la levée des Cartes regarde les Ingénieurs; qu'ils ſoient militaires ou civils, cela ne fait rien à la choſe, pourvu qu'ils ayent ce qu'il leur faut pour ſe bien acquitter de leur commiſſion: mais, à ce ſujet, il eſt bon d'être prévenu qu'il n'en eſt pas de la Carte d'un Empire, d'un Royaume,

ou d'une grande Province, comme de celle d'un terrein qu'on leve en suivant l'Armée, avec une simple planchette, une bouſſole, ou quelqu'autre inſtrument de cette catégorie, & même le plus ſouvent à vue d'œil; quoique, dans le fond, la théorie ſoit pour les unes & les autres à peu près la même, il y a cependant bien de la différence dans les opérations. Pour le premier, il faut des Géometres, des Géographes, (1) & de bons Aſtronomes; pour le ſecond, il ne faut que des Ingénieurs fort ordinaires.

Auſſi n'appartient-il qu'à des Souverains de faire lever les Cartes de leurs Etats, ou de quelques grandes Provinces; ce qui vraiſemblablement ſuppoſe le cas de n'en avoir que d'imparfaites, de fauſſes, de douteuſes, ou peut-être de n'en avoir point du tout. Cela vient auſſi quelquefois d'une ſimple curioſité de grands Seigneurs; car il en eſt pour eux de ces choſes-là comme d'un meuble qui plaît.

Des Cartes anciennes.

Outre les Cartes nouvelles que tout le monde a, il en eſt d'anciennes qui ne ſe trouvent guere que chez les Savants, ou entre les mains de ceux qui veulent faire des progrès dans l'étude de l'Hiſtoire & dans les connoiſſances de l'Antiquité: telles ſont entre autres les Cartes anciennes d'une partie de l'Afrique & de l'Aſie, des Gaules, de l'Egypte, de la Grece, de l'ancienne Italie, de la Germanie, &c.

Projet de lever la Carte du Canada.

J'entre en matiere par un exemple que je préſume devoir plus

(1) Je n'entends point par Géographes, ces gens qui, dans les armées, ſe diſent *Ingénieurs Géographes*, uniquement parce qu'ils ne ſont point Ingénieurs: mais qui cependant ſont tenus tels par la plupart de ceux qui manquent des connoiſſances qu'il faut pour ne pas s'en laiſſer impoſer.

intéreſſer que tous les raiſonnements dont eſt ſuſceptible un projet comme celui-ci. Je ſuppoſe que les Anglois veuillent faire lever la Carte de leurs conquêtes en Amérique : qu'ils l'ayent déja, bonne ou mauvaiſe, cela n'eſt pas de mon ſujet : mais je poſe pour baſe des opérations que je propoſerai à ce ſujet, qu'ils ont, auſſi exactement qu'il ſoit poſſible, la Carte de leurs anciennes poſſeſſions dans ce Pays-là, même aſſez avant dans les terres du Continent, pour n'avoir plus beſoin que de joindre la nouvelle Carte à l'ancienne, pour en faire une complette de tout ce qu'ils poſſedent dans cette partie du monde. Ainſi je laiſſerai à l'ancienne Carte, toutes les côtes orientales juſqu'à l'embouchure du fleuve Saint-Lauren, la preſqu'Iſle d'Acadie, l'Iſle Royale, celle de St. Jean, d'Anticoſti & toutes les autres petites Iſles qui ſe trouvent le long des côtes : bornant mon projet au cours du fleuve St. Laurent & à la levée de terrein à droite & à gauche de ce fleuve, depuis le lac Ontario, juſqu'à ſon embouchure vis à-vis de l'Iſle d'Anticoſti ; le tout de maniere que les points des nouvelles obſervations ſe rencontrent dans les terres, parfaitement avec ceux des anciennes qui deviendront par-là la baſe de tout l'Ouvrage.

PLANCHE I.

Que pour une telle entrepriſe, on envoye de Londres douze Ingénieurs, membres d'Académie, ou autres, tels qu'il les faut pour ces ſortes d'ouvrages : que leurs premiers pas en arrivant à Quebec, ſoient ſur une hauteur proche de la ville que je marque A, cela eſt auſſi naturel que de ſuppoſer que de cette hauteur on découvre une grande partie des montagnes aux environs, en fuſſent-elles éloignées de dix, de douze, & même de quinze milles d'Allemagne, (1) peut-être à de telles diſtances ne les verra-

Premiers pas des Obſervateurs arrivés à Quebec.

PLANCHE I.

(1) J'ai vu du milieu des Plaines de Magdebourg les montagnes du Hartz à

t-on que difficilement & confusément ; mais il suffit de les appercevoir pour remplir l'objet que l'on se propose.

Mettons que les montagnes les plus aisées à distinguer du point A, soient B, C, O, d'un côté du fleuve, & H, D, G, de l'autre côté ; il en résultera que la hauteur A sera vue réciproquement de ces six points : reste à savoir si de B on peut voir C, si de G on peut voir D, c'est pourquoi on enverra quelques-uns des Observateurs aux endroits en question : s'il ne se trouve point de difficulté à voir d'un lieu l'autre, on y élevera tout de suite les signaux avec lesquels on se propose de lever les deux triangles AGD, AGB; ce qui sera le commencement des opérations.

Les Observateurs seront, sans doute, munis d'instruments & de tout ce qui leur est nécessaire pour une entreprise pareille. Je n'entre point dans le détail de leurs équipages, de leurs chevaux, ni de leurs voitures: mais je compte qu'indépendamment de leurs domestiques, ils auront quelques aides intelligents & un certain nombre de travailleurs pour les gros ouvrages indispensables dans ces circonstances : il leur faut aussi deux bons Dessinateurs & deux Secretaires qui tiennent des Journaux exacts des opérations.

Les signaux aux sommets des montagnes seront autant qu'il

plus de 14 milles de distance ; celles de Boheme se voyent d'aussi loin ; d'ailleurs, tout ceci n'étant qu'une supposition, pourvu qu'on garde une certaine vraisemblance, il est libre à chacun de la faire la plus propre à l'objet qu'il se propose : ainsi les distances & les mesures, quoique vraies en elles-mêmes, peuvent être réduites à ce que l'on veut, & par conséquent n'être regardées que comme des mesures & des distances de pure imagination.

ſera poſſible, bâtis ſur des plate-formes horiſontales, où l'on dreſſera de grands arbres en forme de cônes perpendiculaires ſur les plate-formes qui leur ſerviront de baſes, & qui doivent être aſſez grandes pour qu'on puiſſe manœuvrer avec les Inſtruments dans le vuide du cône où l'on fera entre les arbres autant d'ouvertures que l'on voudra, pour viſer à tous les points des environs. Si l'on veut avoir les ſignaux blancs, on dépouille les arbres de leurs écorces; au contraire, on leur laiſſe toutes leurs branches & toutes leurs feuilles, ſi l'on veut les avoir noirs & épais. On ſe ſert des premiers, lorſque les ſtations ne ſont pas fort éloignées les unes des autres: (1) mais à la diſtance de douze & de quatorze milles d'Allemagne, (ce qui eſt à la vérité une propoſition un peu forte) on ne les ſauroit faire trop épais ni trop hauts, afin que cela faſſe un feu plus grand & plus durable, le jour ou la nuit qu'on ſera convenu de les allumer.

Premieres ſtations des Obſervateurs.

PLANCHE I.

Des douze Ingénieurs ci-deſſus mentionnés, il s'en établira quatre à l'Obſervatoire A, (2) deux iront vers B, deux vers C, & les quatre autres, vers D G. Si quelques-uns venoient à ſe tromper en prenant une montagne pour l'autre, ce qui ne feroit nullement impoſſible dans un pays comme celui-là, & à la diſ-

(1) Selon *Mr. de Maupertuis*, les ſignaux dont on s'eſt ſervi pour meſure du degré du Méridien au Cercle Polaire, étoient pour la plupart blancs; de ſorte qu'on pouvoit facilement les obſerver à la diſtance de 10 & 12 lieues de France; mais il eſt à remarquer en ceci, que ſi les ſignaux doivent être tous au-deſſus de l'horiſon, il faut qu'ils ſoient noirs, & au contraire, s'ils ſont pour être vus au-deſſous de l'horiſon, il faut qu'ils ſoient blancs.

(2) Je dis l'Obſervatoire, puiſque c'eſt un point duquel dérivent tous les autres enſuite, & auquel ils doivent ſe rapporter tous, comme nous aurons occaſion de le voir en ſon lieu.

tance excessive que nous supposons, il faudroit alors se redresser les uns les autres par les signaux, ou telles autres mesures que ce soient, dont on seroit convenu. Les choses ainsi préparées pour lever en même-temps les angles des deux triangles ABC, ADG, on observera avec l'Instrument placé en A, les quatre points B, C, D, G, auxquels nous nous bornons pour les premieres Opérations, & l'on notera exactement les angles que les lignes de visée font entr'elles. Supposons que les lignes A B, A C, fassent l'angle B A C, de 51 degrés 10 minutes, & les lignes B A, B C, l'angle A B C, de 48 degrés 52 minutes, il s'ensuivra nécessairement le troisieme angle du triangle ACB, de 79 degrés 58 minutes; & s'il se trouve tel en le mesurant avec l'instrument, c'est une marque de la détermination juste de ce premier triangle par rapport à ses angles. Faisant à D & à G, comme à B & à C, on aura le second triangle A D G déterminé de même par rapport à ses angles; on peut tout de suite mesurer l'angle B A D qui se trouve entre les deux triangles; mais avec tout cela on ne peut pourtant point encore les ajuster sur le plan : c'est pourquoi je présume qu'il seroit bon de pouvoir du point B, voir le point D, & réciproquement; afin d'avoir par-là le triangle A B D, pour joindre ensemble les deux premiers & en faire un Plan quelconque, en attendant une base propre à déterminer leur véritable grandeur.

D'une base propre à déterminer la grandeur des triangles.

Mais, pour avoir cette base dès le commencement, ce qui seroit d'un très-grand avantage pour le progrès des opérations ultérieures, il faudroit chercher dans le voisinage quelque plaine ou terrein assez étendu pour pouvoir y rapporter les triangles dont je viens de parler, & déterminer tout de suite leur grandeur. Que cette base soit, par exemple, la ligne P a, rap-

PLANCHE I.

portée comme il se voit au côté A C, du triangle A C B, cela suffit pour déterminer la grandeur de ce côté-là. Nous verrons ensuite comment de cette grandeur une fois déterminée, découlent toutes les autres ; il y auroit seulement à craindre, dans un cas comme celui-ci, de trouver trop de difficultés à mesurer une aussi grande étendue de terrein. Enfin, que la chose soit possible ou non, rien n'empêche de lever une suite de triangles, à peu près comme ils sont marqués au Plan, sans s'embarrasser de la grandeur de leurs côtés que l'on détermine ensuite, lorsqu'on a l'occasion de mesurer une ligne qui puisse servir à cette détermination.

Des signaux pendant la nuit.

PLANCHE I.

A vue de pays, la distance de A à C est de 11 milles d'Allemagne, celle de A à B d'environ 14 milles. Quoique dans un temps clair & serein on puisse voir, à cette distance, les sommets des hautes montagnes, il ne s'ensuit pas pour cela qu'il soit aisé de distinguer les signaux d'un lieu à l'autre, même avec les meilleures lunettes d'approche adoptées aux instruments : mais, si l'on ne peut rien observer de jour, il faut observer la nuit les feux qu'on sera convenu d'y allumer. J'ai marqué les arbres qui doivent servir de signaux précisément sur les plate-formes : comment faire pour les brûler & instrumenter en même-temps par-dessous ? Le moyen le plus simple, selon moi, dans un cas pareil, seroit de faire avec de grands arbres, des bûchers à quelque distance de la plate-forme, chacun sur l'alignement de certains points respectifs, c'est-à-dire, comme il se voit en la Figure I, qu'on feroit sur l'alignement des points A B, le bûcher C, à une vingtaine de pas de B, & sur l'alignement des points D B, le bûcher E, aussi à une vingtaine de pas de B, & ainsi des autres. Une distance de vingt ou de vingt-cinq pas

d'un bûcher à l'autre ne peut guere être regardée, par rapport à celle de douze ou de 14 milles d'Allemagne, que comme un point dont les observateurs sont les maîtres de se servir de la maniere la plus propre à l'objet de leurs opérations. Je suis persuadé que deux bûchers allumés à cette distance ne paroîtront faire qu'un seul feu. Supposé même qu'il y ait un peu de distinction, ce que je ne présume pas, il dépendra toujours des Observateurs de viser un peu plus à droite ou un peu plus à gauche, selon qu'ils le jugeront à propos.

Triangles rapportés ensemble pour en faire une suite.

PLANCHE I.

Les trois triangles ABC, ADG, ABD, rapportés ensemble, par le moyen de leurs côtés communs, peuvent déja commencer le plan des opérations, quand bien même leur véritable grandeur ne seroit point encore déterminée.

Mais si, à cause de la trop grande distance de B à D, ou pour quelqu'autre raison que ce fût, ces deux points ne pouvoient se voir mutuellement, il faudroit en chercher quelqu'autre mitoyen, comme H, d'où l'on pût voir A, B, D, & où réciproquement l'on pût en être vu : par-là on détermineroit sans aucune difficulté les deux triangles AHB, AHD, & on les joindroit ensemble, par leur côté commun AH; de même à ces deux derniers pourroient être joints tout de suite les deux premiers levés, aussi par leurs côtés communs AB, AD, pour ne faire tous ensemble qu'un même plan : c'est pourquoi deux des quatre Observateurs de la hauteur A auroient bien pu s'établir d'abord au point H.

Après les observations faites aux points A, B, C, D, G, H, on ira aux autres points marqués dans la suite des triangles, soit

ſoit en deſcendant, ſoit en remontant le fleuve, & l'on y bâtira les ſignaux pour prendre l'ouverture des angles, à la maniere & avec les inſtruments ordinaires.

Dans le triangle ABH, ſi l'angle HAB a été trouvé par ceux de A de 42 degrés 30 minutes, & ABH de 32 degrés 20 minutes par ceux de B, on aura pour complément l'angle AHD de 105 degrés 10 minutes. De même dans le triangle ADH, l'angle HAD de 25 degrés 0 minutes, & ADH, de 32 degrés 45 minutes, donneront pour complément l'angle AHD de 112 degrés 15 minutes. J'ai dit précédemment que l'angle BAD auroit été meſuré à l'occaſion des deux premiers triangles, s'il avoit été trouvé de 77 degrés 30 minutes; ce ſeroit une marque de la juſteſſe des opérations de part & d'autre, puiſque les deux angles HAD, HAB, qui ſont enſemble BAD, ſe trouvent de 77 degrés 30 minutes.

Dans le triangle GAO, l'angle OAG de 46 degrés 0 minute, & OGA de 55 degrés 20 minutes, donneront le complément AOG, de 78 degrés 40 minutes; ainſi par le moyen de la ligne AG commune aux deux triangles AGO, AGD, on joindra le premier au ſecond en menant du point A la ligne GO, qui faſſe avec GA, l'angle de 55 degrés 20 minutes. De cette maniere, les deux lignes AO, GO, ſe coupant au point O, détermineront les angles & les côtés de ce dernier triangle, relativement aux autres pour leſquels on aura ſans doute agi de la même maniere.

On écrira dans le Journal des opérations l'ouverture des angles obſervés, leur réduction à l'horiſon par rapport au diffé- Maniere d'écrire l'ouverture des angles dans le Journal.

rentes hauteurs des lieux d'obſervation, ou pour quelqu'autre raiſon que ce ſoit, à peu prés de la maniere ſuivante.

	Angles obſervés.	*Réduits à l'horiſon.*	*Hauteurs.*
PLANCHE I.	CAB, — 51 deg. 10 m.	51 deg. 10 m.	= 0 — 0 — 0
	BAH, — 42 — 30 —	42 — 30 —	= 0 — 0 — 0
	HAD, — 35 — 00 —	35 — 00 —	= 0 — 0 — 0
	DAG, — 73 — 00 —	73 — 00 —	= 0 — 0 — 0
	GAO, — 46 — 00 —	46 — 00 —	= 0 — 0 — 0

N B. Que dans ce commencement de Table, les angles obſervés & réduits à l'horiſon ſont les mêmes; parce que, ſelon notre ſuppoſition, toutes les opérations ſe ſont faites du centre des ſignaux, & les endroits des ſignaux ſont à peu près auſſi élevés les uns que les autres. Ce n'eſt pas que la différence qu'il pourroit y avoir, à cauſe des hauteurs inégales des ſignaux, ſoit à négliger; mais j'aime mieux en faire un article à part dans la note ſuivante (1).

(1) Il eſt à obſerver que les côtés des triangles ne ſont pas toujours de 10 & de 14 milles, comme je les ſuppoſe en cet exemple. On n'eſt pas non plus toujours maître de placer les inſtruments quarrés de cercle, ou autres, aux centres des ſignaux, & les ſignaux ne ſont pas toujours ſur des hauteurs égales. Dans un clocher dont la fleche ſert naturellement de ſignal, il eſt rarement poſſible de placer l'inſtrument au centre. Sur une hauteur où ſe trouve pour point de vue un moulin à vent, ou un gros arbre, comment dreſſer l'inſtrument au centre, à moins de renverſer le moulin, ou de couper l'arbre? Dans des cas pareils, ſi on les croit de quelque conſéquence, il n'y a point d'autre parti à prendre que de ſe mettre en-avant, en-arriere, ou à côté du ſignal.

Soit dans le triangle ABC, Fig. premiere, A un gros arbre, C le clocher d'une Ville ou d'un Village, & B un troiſieme point quelconque: pour viſer de A à C, on mettra l'inſtrument au point a, ſix pieds en-avant du centre de l'arbre A, dans l'alignement de AC. Enſuite pour viſer de C à A, on mettra l'inſtrument à c, 8 pieds derriere C, dans le prolongement de la ligne AC, afin de pré-

Après avoir levé les triangles aux environs de Québec, les Observateurs se sépareront, les uns pour remonter, les autres pour descendre le fleuve.

Les Observateurs changent de stations.

---

venir les difficultés que des points hors de cet alignement pourroient causer dans les calculs; de cette maniere, les signaux aux sommets des angles du triangle ne seront plus A B C, mais a B c. Or en supposant l'angle c a B de 67 degrés 30 minutes, l'angle a c B, de 61 degrés 45 minutes, & le côté a c de 1500 verges, on aura, moyennant ces trois choses connues, l'angle a B c de 50 degrés 55 minutes, le côté a B de 1706 verges 3 pieds 6 pouces, & le côté B c de 1789 verges 6 pieds 7 pouces. Ayant le triangle a B c ainsi déterminé par rapport à ses angles & à ses côtés, on trouvera les angles du triangle A B c, & son côté A B, en considérant que l'angle c demeure toujours de 61 degrés 45 minutes, & que la grandeur des côtés qui forment cet angle est déja connue, c'est-à-dire, la grandeur du côté B c, pour être de 1789 verges 6 pieds 7 pouces, celle du côté A c pour être de 1500 verges 6 pieds, & l'angle A c B de 61 degrés 45 minutes. Par le moyen de ces trois choses, on connoîtra l'angle B A c de 67 degrés 29 minutes; ce qui est la réduction de l'angle B a c à l'angle B A c, d'une minute de moins à ce dernier: d'où il s'ensuit que, connoissant dans le même triangle A B c, les trois angles & deux côtés, on connoîtra le troisieme côté A B de 1706 verges 5 pieds 6 pouces; ce qui fait la réduction de la ligne A B en raison de deux pieds de plus pour celle-ci.

Quant à la seconde supposition de l'instrument placé en c, à 8 pieds derriere c, la question est de réduire le triangle A B c au triangle A B C. Pour cet effet connoissant,

A B de 1706 verges 5 pieds 6 pouces.
A C de 1499 verges 10 pieds 9 pouces, & l'angle B A C de 67 degrés 29 minutes, on connoîtra l'angle A C B de 61 degrés 46 minutes, 10 secondes; ce qui est la réduction de l'angle A c B à l'angle A C B, d'une minute & dix secondes de plus pour ce dernier. Ainsi, connoissant dans le triangle A B C, les trois angles & deux des côtés, on connoîtra le troisieme côté B C 1789 verges 2 pieds 8 pouces.

De cette maniere, le triangle a e B sera réduit au triangle A C B; mais quoique cette réduction ne consiste, par rapport aux côtés des triangles, qu'en quelques pieds & pouces sur des distances de 1500 & de 1600 verges, & en quelques minutes & secondes de différence dans les angles, on doit cependant voir par cet exemple, qu'il peut être de quelque conséquence, dans la suite des opérations, d'observer, autant qu'il est possible, les angles du centre des signaux, ou si on ne le peut pas, d'entrer dans la réduction des triangles.

Il est évident que, si la réduction par

De D, B, H, verra-t-on E? Ne le verra-t-on que de deux de ces points, ou seulement d'un? En tout cas, deux des Observateurs iront avec leurs corteges élever un signal E pour y faire leurs observations, tandis que les autres feront les leurs

---

rapport aux centres des signaux sert à la précision de l'ouvrage, la réduction par rapport aux hauteurs différentes des lieux n'y sert pas moins. Qu'on vise, par exemple, du point B au point A, Fig. III; si ce dernier est plus haut de plusieurs verges que le premier, il s'ensuivra que le rayon B A sera plus long que la ligne horisontale B C que couperoit au point C la perpendiculaire abaissée de A. Je conviens qu'eu égard au plan de l'horison, la différence ne seroit presque rien, s'il ne s'agissoit que d'un angle; mais lorsqu'il s'agit de plusieurs angles qui forment un triangle & une suite de triangles, cela demande déja qu'on y fasse quelque attention, sur-tout si les signaux ne sont pas fort distants les uns des autres, & si la différence de leurs hauteurs est considérable.

Dans le triangle A B C, Fig. IV, connoissant la base A B de 3000 verges, & chacun des trois angles de 60 degrés 0—0; les deux autres côtés AC, B C seront par conséquent aussi de 3000 verges chacun: nous supposons les termes de la base AB de même hauteur; mais C au-dessus de A & de B, de maniere que les rayons AC, BC, fassent avec l'horison un angle de 40 minutes. Cet angle, avec 3000 verges pour la diagonale du triangle, donne à son côté opposé perpendiculaire sur la ligne horisontale, 34 verges 10 pieds 8 pouces, lesquels produisent la différence de la diagonale à la ligne horisontale de 13 pieds 8 pouces de moins à cette derniere. Cette réduction qui est la même pour les deux côtés, AC, BC, donne après cela dans les angles une différence de quelques secondes. Ainsi l'angle C, au-lieu d'être de 60 degrés, se trouvera de 60 degrés 0 minutes 22 secondes, & par conséquent chacun des deux autres angles ne sera que de 59 degrés 59 minutes 49 secondes; mais puisqu'on connoit C plus haut que A & B en raison de 40 minutes pour l'angle que cela forme, on écrira comme ci-après dans la premiere colonne, l'angle observé de 60 degrés dans la seconde colonne, ce même angle réduit à l'horison de 59 degrés, 59 minutes, 49 secondes; enfin, dans la troisieme colonne, l'élévation de C au-dessus de A & de B en raison de 40 minutes pour les angles. NB. Que dans la colonne des hauteurs, le signe + marque l'élévation au-dessus de l'horison, & le signe — marque l'abaissement au-dessous. Si du point C on observe l'angle ACB de 60 degrés, A & B se trouvant chacun de 40 minutes au-dessous de C, donneront l'angle A B C réduit à 60 degrés 0 minutes 22 secondes.

aux endroits où il conviendra le mieux. Suppoſons l'angle HBE obſervé par ceux de B, de 55 degrés, on l'écrira comme je l'ai dit précédemment, & on le réduira, s'il eſt néceſſaire, pour le rapporter ſur le Plan, en menant la ligne BE qui faſſe

	Angles obſervés.	*Réduits à l'horiſon.*	*Hauteurs.*	
ABC	$60^{d}.\ 0^{m}.\ 0^{f}.$	$59^{d}.\ 59^{m}.\ 49^{f}.$	C + $0^{d}.\ 40^{m}.\ 0^{f}.$	Fig. IV.
			A - 0- 40- 0-	
ACB	60- 0- 0-	60- 0- 22-	B - 0- 40- 0-	

Il arrive preſque toujours, ou plutôt il eſt humainement impoſſible qu'il n'arrive pas, qu'après l'obſervation des angles d'un triangle, ſi l'on s'aſſujettit à les obſerver tous les trois ſéparément, & même après leur réduction à l'horiſon, ils ne font point enſemble préciſément 180 degrés, les eût-on obſervés avec les inſtruments les plus parfaits; ce qui oblige à les corriger pour le calcul, en faiſant entrer la différence dans chacun des trois angles à proportion de leur grandeur; c'eſt-à-dire que ſi elle manquoit pour faire 180, il faudroit l'ajouter, & au contraire, l'ôter, toujours dans la même proportion, ſi elle y étoit de trop, comme l'exemple ſuivant le fait voir dans le triangle DEF. Fig. V.

	Angles obſervés.	*Réduits à l'horiſon.*	*Hauteurs.*	*Corrigés pour le Calcul.*
DEF	$40^{d}.\ 14^{m}.\ 57^{f}.\ 3^{tie}.$	$40^{d}.\ 14^{m}.\ 52^{f}.\ 7^{tie}.$	F + $0^{d}.\ 22^{m}.\ 30^{f}.$	$40^{d}.\ 14^{m}.\ 46^{f}.$
			D + 0 - 1 - 0 -	
EDF	51 - 53 - 13 - 7 -	51 - 53 - 4 - 3 -	F + 0 - 18 - 30 -	51 - 52 - 57 -
			E — 0 - 14 - 0 -	
EFD	87 - 52 - 9 - 7 -	87 - 52 - 24 - 3 -	E — 0 - 32 - 40 -	87 - 52 - 17 -
	180 - 0 - 20 - 7 -	180 - 0 - 21 - 3 -		180 - 0 - 0 -

On peut voir par ces exemples, que les différences, quand il s'agit de diſtances un peu grandes, ſont ſi petites, qu'il eſt preſqu'inutile d'y avoir égard. A plus forte raiſon feroit-il donc permis de les négliger, ſi les diſtances étoient de douze ou de 14 milles d'Allemagne, comme j'ai haſardé de les ſuppoſer au commencement. Auſſi n'ai-je inſéré ceci que pour montrer la préciſion à laquelle on devroit à la rigueur s'attacher dans ces ſortes d'ouvrages. Autre choſe feroit, ſi les diſtances étoient courtes, & ſi les points d'obſervation ſe trouvoient fort au-deſſus ou au-deſſous les uns des autres. Par exemple, dans le triangle ABC, Fig. IV, la diſtance AB n'étant que de 150 verges, & le point B ſe trouvant de 7 degrés 36

avec B H, l'angle de 55 degrés. L'angle B E H ayant été obſervé en E de 56 degrés 20 minutes, on l'écrira, comme le précédent, & on le rapportera ſur le Plan en menant la ligne H E qui faſſe avec H B l'angle de 68 degrés 40 minutes, ſoit que cet angle ait été trouvé d'autant par ceux de H, ſoit qu'on ſe ſoit ſervi du complément des deux premiers H B E, B E H, pour le marquer tel.

PLANCHE II. Dans le triangle H D E, l'angle D H E ayant été obſervé de 73 degrés 55 minutes, ou déterminé tel par complément des trois angles D H A, H A B, B H E pour achever le Cercle : ſi les deux côtés E H, D H ſont connus, comme nous le ſuppoſons, l'un de 17038 verges 7 pieds, & l'autre de 19979 verges 3 pieds, on aura bientôt deux autres angles, & par conſéquent le triangle ſera déterminé par rapport à ſes angles & à ſes côtés, comme il ſeroit en la Figure I[ere]. de la Planche II, où eſt marquée la ſuite des premiers triangles, déterminés, tant par rapport à leurs angles, que par rapport à leurs côtés ; ce qui ſuppoſe, ſans doute, une baſe déja meſurée, dont on s'eſt ſervi pour cette détermination ; que s'il n'y avoit point encore eu de baſe meſurée, on ſe contenteroit de marquer les triangles ſans avoir égard à la grandeur de leurs côtés.

Mais dans le cas où E ne pourroit être vu que de B ou de

---

minutes au-deſſus de A, la ligne A B réduite à l'horiſon ſera d'une verge, quatre pieds, trois pouces, plus courte que la ligne obſervée de A B ; ce qui doit faire changer, à proportion, les angles du triangle, comme il a déja été vu : & une différence d'une verge, quatre pieds, trois pouces, ſur une diſtance de 150 verges, n'eſt pas à négliger, pour peu que l'on veuille que l'ouvrage ſoit correct.

Voyez à ce ſujet les Mémoires de *Mrs. de Maupertuis* & *Caſſini* ſur la meſure des degrés des Méridiens, par leſquels ils ont déterminé la Figure de la terre.

D, (je m'arrête au premier,) on marqueroit l'ouverture de l'angle B, par une ligne indéterminée vers E, qu'on laisseroit jusqu'à ce qu'elle vînt à être recoupée par quelqu'autre de la suite des triangles, ou jusqu'à ce que sa grandeur fût déterminée comme celle des autres. Cela étant, les deux côtés BH, BE, connus, ainsi que l'angle compris entre deux, on trouvera par analogie l'angle BHE de 68 degrés 40 minutes, & l'angle HEB de 56 degrés 20 minutes. Par conséquent, le côté HE sera comme il est marqué en la Figure I. D'où il s'ensuit que pour déterminer la figure DHBE, jointe à la suite des premiers triangles, il ne s'agit que de voir E de B, H, ou D, & qu'il en sera de même de toute autre figure en cas pareil.

J'ai dit que l'on pourroit mesurer la base PA; mais il est à observer par rapport à cette base, que ses deux extrémités ne doivent pas être fort éloignées des points des triangles auxquels on veut les rapporter.

Cette base ayant donc été mesurée & trouvée exactement de 9375 verges, 4 pieds, (1) l'angle APQ de 131 degrés, 30

Maniere de se servir de la base par rapport à la suite des triangles.

(1) On trouvera peut-être cette distance d'une énorme grandeur, en comparaison des plus grandes qui ayent été mesurées jusqu'ici; mais, encore un coup, tout ceci n'est qu'une supposition. Lorsque Mrs. les Observateurs du degré du Méridien au Cercle Polaire mesurerent la base de leurs opérations, ils le firent avec 8 perches de 30 pieds de longueur chacune; & l'on avoit usé de si grandes précautions pour ajuster ces perches, que, malgré leur extrême longueur, lorsqu'on les présentoit entre deux bornes de fer, elles y entroient si juste, que l'épaisseur d'une feuille de papier le plus mince de plus ou de moins, rendoit l'entrée impossible ou trop libre. Les mesureurs s'étoient partagés en deux troupes, dont chacune avoit quatre de ces mesures. Enfin, les uns & les autres ayant employé

minutes, & Q A P de 21 degrés 45 minutes, on aura le troisieme angle P Q A, de 26 degrés 45 minutes; d'où il s'ensuivra que, comme le sinus de 21 degrés 45 minutes, est à son côté opposé 9375° 4 pieds, ainsi le sinus du complément de 131 degrés 30 minutes, = 48 degrés 30 minutes, est au côté A Q de 18949° 4 pieds.

PLANCHE II. *Fig. I.*

L'angle A C Q étant de 58 degrés 15 minutes, & C Q A de 95 degrés 30 minutes, on aura l'angle Q A C de 26 degrés 15 minutes; d'où il s'ensuivra que comme le sinus de 58 degrés 15 minutes, est à son côté opposé 18949 verges 5 pieds, ainsi le sinus du complément de 95 degrés 30 minutes, est au côté A C de 22181 verges 7 pieds.

De même dans le triangle A B C, comme le sinus de l'angle

8 jours à cet ouvrage, pendant le plus grand froid qui se fasse sentir au Cercle Polaire, ne trouverent dans leurs mesures que 4 pouces de différence, sur une distance de 7406 toises, 5 pieds : exactitude, dit *Mr. de Maupertuis*, qu'on n'oseroit attendre, qu'on n'oseroit même presque dire, mais qu'on ne doit pas non plus regarder comme un effet du hasard & des compensations qui se seroient faites après des différences plus considérables; car cette petite différence leur vint presque tout le dernier jour, après avoir mesuré de chaque côté tous les jours le même nombre de toises, & tous les jours la différence entre les mesures n'ayant pas été d'un pouce, dont l'une avoit tantôt surpassé l'autre, & tantôt en avoit été surpassée. Cette justesse, ajoute M. *de Maupertuis*, quoique due à la glace, (car leur base fut mesurée sur le fleuve de Torneå glacé & couvert de neige;) & au soin qu'on avoit pris de ne pas négliger la moindre chose, fait voir combien les perches étoient égales; car la moindre inégalité entr'elles auroit causé une différence considérable dans les mesures sur une distance aussi longue qu'étoit celle-ci. *NB.* Qu'il avoit déja été observé que le froid & le chaud font moins d'effet sur des mesures de bois de sapin que sur le fer dont étoit la toise qui avoit été apportée de Paris, & qu'on avoit soin de tenir dans un lieu où le Thermometre de M. *de Réaumur* étoit à 15 degrés au-dessus de zéro, & celui de M. *Printz* à 62 degrés; ce qui est la température des mois d'Avril & de Mai, à Paris.

gle B de 48 degrés 52 minutes, eſt à ſon côté oppoſé 22181 verges 7 pieds, ainſi le ſinus de l'angle C de 79 degrés 58 minutes, eſt à A B de 29000 verges; & ainſi du reſte.

Cette ligne A B conſtatée & vérifiée, de quelque maniere que ce ſoit, pour être de 29000 verges, ſervira à cauſe de ſa grandeur, de baſe générale pour tout le reſte de l'ouvrage; ainſi ce ſera par elle, & par une ſuite d'opérations trigonométriques les plus ordinaires, qu'on déterminera les côtés de toutes les figures quelconques, en ſuivant les triangles tels qu'ils ſont marqués dans la Carte, ſi l'on n'aime mieux en faire d'autres, ou faire quelque changement à ceux-ci.

Je laiſſe donc à ceux qui voudront s'exercer dans les calculs, à déterminer les triangles l'un après l'autre, comme j'ai commencé, & à peu près dans l'ordre de ce plan: il eſt d'ailleurs fort libre à chacun de ſuppoſer telle baſe qu'il voudra: il eſt certain auſſi que, plus y a de lignes meſurées dans un plan comme celui-ci, plus on eſt ſûr de l'exactitude de l'ouvrage, & plus on en a de ſatisfaction.

Preuve des opérations par la propriété des figures.

Planche I & II.

Les opérations peuvent ſe vérifier de pluſieurs manieres différentes; mais, entr'autres, par la raiſon que dans des figures quelconques où les angles au contour ſont tous intérieurs, ces angles valent chacun deux angles droits, moins quatre ſur-tout. Par exemple, dans le contour d'une figure de cinq côtés, les cinq angles valent enſemble dix angles droits, moins quatre, c'eſt-à-dire, qu'ils valent ſix angles droits, qui font 540 degrés.

Dans la Figure I. de la Planche II, les angles au contour du

Plan G D E B C Q O, valent ensemble ce que doit valoir un heptagone, c'est-à-dire 900 degrés, (ce qui suppose toutes les mesures prises avec la derniere précision,) comme il se voit par le produit de l'addition suivante.

Angl.	degr.	min.	Angl.	degr.	min.
GDA	42	30	GDE	132	43
ADH	32	45			
HDE	57	28			
DEH	48	37	DEB	104	57
HEB	56	20			
EBH	55	0	EBC	136	12
HBA	32	20			
ABC	48	52			
BCA	79	58	BCQ	138	12
ACQ	58	15			
CQA	95	30	CQP	122	15
AQP	26	45			
Pour les deux angles PQO, POQ (1)				27	24
PQA	39	46	PQG	118	26
AQG	78	40			
OGA	55	20	OGD	119	50
AGD	64	30			
				900	0

S'il arrivoit que la somme des angles ne fût pas exactement

(1) Il est à observer que pour les deux angles P Q O, P O Q, j'ai pris le complément aux angles A P Q, A P O, lequel soustrait de 180 degrés donne pour

de 900 degrés, comme il peut très-bien arriver, ou plutôt comme il est humainement impossible qu'il n'arrive pas, s'ils ont été mesurés chacun à part, il en résulteroit au moins, que l'on seroit à même de connoître la différence plus ou moins grande qui s'y trouveroit; d'où l'on jugeroit, si l'on devroit y avoir égard ou non. (1)

Dans la Figure I, la plupart des angles & des lignes sont déterminés, par conséquent les triangles y compris le sont aussi; ainsi, en suivant ce modele & les formules ordinaires, on peut aller d'un triangle à l'autre jusqu'à l'infini : si, dans la suite des opérations, il se rencontre quelques côtés de triangles aisés à mesurer, on ne balancera point de le faire sur le champ, avec toutes les précautions requises. Par exemple, lorsque le fleuve St. Laurent seroit gelé, ne pourroit-on pas mesurer la ligne B W qui le traverse, comme on a mesuré au Cercle Polaire la base, sur le fleuve Torneå ; mais à ce sujet, il est à observer que la base mesurée sur le fleuve Torneå, étoit de beaucoup plus petite que la base P Q, que nous avons supposé précédemment, & que cependant on la regardoit comme la plus grande qui eût

---

les deux angles P Q O, P O Q en question, 27 degrés 24 minutes, comme il est marqué dans la Table. Telle est la maniere la plus simple de mettre les angles du dehors en-dedans pour réduire la figure à ce que l'on veut : il en sera de même de toute autre figure de tel nombre de côtés qu'elle puisse être, toujours par la raison de deux angles droits pour chaque angle à la circonférence, moins quatre angles droits sur le tout.

(1) Les Observateurs du degré du Méridien au Cercle Polaire, trouverent que la somme des angles horisontaux dans le contour de leur heptagone ne différoit que d'une minute & sept secondes de plus à la somme de 900 degrés : encore attribuent-ils la cause de cette différence à la courbure de la terre. Précision étonnante, qui ne provient certainement que de l'extrême bonté des instruments & des soins que l'on s'est donné pour ne laisser rien à desirer dans une entreprise de cette importance.

jamais été mesurée. Au reste, comme ceci n'est qu'une supposition, ainsi que tout le reste de l'ouvrage, on peut estimer & réduire les distances à ce que l'on veut. Ce qu'il y a de certain, c'est que, dans les opérations de ce genre, il faut les plus grandes bases qu'il est possible, pour être sujet à moins d'erreur, & qu'il est toujours plus sûr de conclure du grand au petit, que du petit au grand.

Des obstacles qui peuvent se rencontrer.

Je ne parle point des obstacles qui peuvent se rencontrer dans la suite d'un tel ouvrage, comme des clochers inaccessibles ; de la difficulté de dépouiller les montagnes de leurs arbres pour y faire des signaux, des insectes, des animaux dangereux, des Sauvages, &c. je présume que l'on n'a à combattre que les intempéries de l'air, auxquelles on est exposé dans tous les climats du monde, & contre lesquelles on prend les mesures nécessaires.

On rencontre des points de la vieille Carte dans les terres du Continent.

PLANCHE I.

Je suppose qu'en suivant les triangles, tels qu'ils sont marqués dans la Planche I, on rencontre dans l'intérieur des terres, les points R, S, T, V, X, Y, Z, de la Carte des premieres possessions Angloises, dont il a été fait mention au commencement. Si ces points se trouvent dans un parfait rapport avec les triangles nouvellement levés, c'est une marque d'une extrême justesse des deux parts. D'ailleurs, les Opérations, tant en général qu'en particulier, sont susceptibles de plusieurs sortes de vérification ; il ne faut que savoir choisir les meilleures & les plus simples.

Les Instruments les plus propres à cette sorte d'ouvrage sont de bons quarts de Cercle, de deux ou trois pieds de rayon, qui, vérifiés plusieurs fois autour de l'horison, donnent toujours la som-

me de 4 angles droits, ou au moins fort approchant : (1) tels étoient ceux dont on s'est servi avec le plus grand succès au Cercle Polaire.

Supposons enfin le terrein proposé ici pour exemple, levé par autant de triangles qu'il en est marqué dans les Plans, & son étendue déterminée par une ou plusieurs bases : il faut, après cela, y fixer un méridien, & déterminer la latitude & la longitude de quelques-unes de ses parties principales pour pouvoir s'orienter.

Peut-être parviendroit-on à connoître, à peu près, le méridien d'un lieu, par le moyen de l'aiguille aimantée, si sa déclinaison étoit constamment uniforme par-tout; mais cette uniformité, même dans un endroit, étant encore un problême à résoudre, cette méthode, quoique passable dans des cas de peu de conséquence, ne peut guere avoir lieu dans un ouvrage qui demande, je ne dis pas une exactitude rigoureuse, mais quelque exactitude. Maniere de trouver le méridien d'un lieu, avec la boussole, peu sûre.

Nos peres se sont servis tout simplement d'une aiguille per- Par l'ombre du Soleil, qui n'est guere plus sûre que la précédente.

(1) Ce n'est point ici le cas de s'en tenir à un Graphometre ordinaire de 7 ou 8 pouces de rayon, quelque bien divisé & quelque parfait qu'on le suppose. C'est encore moins le cas de la planchette & de la boussole, celle-ci sur-tout étant sujette à beaucoup de variations, & étant ordinairement trop petite; car qu'est-ce qu'une aiguille de 3 ou 4 pouces? Il ne faut qu'être affecté de la moindre précision pour en sentir la raison, sans qu'il soit besoin d'autres explications. Que quelqu'un vienne me dire qu'il fera avec la planchette & la boussole, ce que l'on fait avec un quart de cercle de trois pieds de rayon, je lui répondrai, comme il m'est déja arrivé : *Faites-le.*

Voyez à ce sujet les Mémoires de *Cassini* sur la figure & la grandeur de la terre; il y donne l'explication de plusieurs instruments dont il s'est servi avec succès.

pendiculaire sur un Plan horisontal, en traçant à l'entour des Cercles concentriques fort proches les uns des autres ; de sorte qu'une ligne menée du pied de l'aiguille jusqu'au point du dernier Cercle où l'ombre arrivoit, étoit censée la ligne méridienne : & à la rigueur, ce pouvoit l'être, si l'extrêmité de l'ombre étoit plus distincte qu'elle ne l'est naturellement, même en supposant le temps le plus clair, le plus serein, & le style tout au plus de deux pieds de hauteur sur un plan parfaitement horisontal. Enfin, cette méthode, quoiqu'on en use avec beaucoup de précautions, & qu'elle soit très-ancienne, est sujette à de fort grandes erreurs.

Par le moyen de la planchette mouvante sur un pied.

On se servoit aussi autrefois pour fixer la méridienne d'un lieu, d'une planchette mouvante sur son pied, & fendue au milieu, de maniere que les rayons du Soleil passoient par la fente, & aboutissoient au plan horisontal d'une table, sur laquelle la planchette étoit ajustée perpendiculairement, cette table se mouvant du côté que l'on vouloit.

Un autre moyen étoit une attitude mouvante sur le plan d'un Cercle qu'on tournoit le soir & le matin vers le Soleil, & pendant la nuit, vers quelque étoile connue : mais tous ces instruments, ainsi que plusieurs autres dont je ne fais pas ici mention, (1) n'approchent ni de la bonté, ni de l'exactitude de

(1) Voyez à ce sujet la quatrieme Partie de la Géographie artificielle du Pere *Scherer*, Jésuite. Il y donne la description de plusieurs instruments ; il y explique les manieres de trouver la méridienne avec la boussole, par l'ombre du Gnomon, par le Soleil pendant le jour, & les étoiles pendant la nuit : il y parle aussi avec assez de détail, de plusieurs manieres différentes de déterminer les latitudes & les longitudes, tant sur mer que sur terre.

ceux dont on se sert aujourd'hui, & qui sont dans tous les Observatoires.

Maniere de fixer le méridien par rapport aux triangles marqués dans les Plans.

Planche I & II.

Le moyen le plus sûr pour adapter le méridien aux triangles dont il est ici question, est de se servir d'un instrument pareil à celui dont on s'est servi pour la mesure du degré du méridien au Cercle Polaire. Il consiste en une lunette de 15 pouces, mobile autour d'un axe horisontal, auquel elle est perpendiculaire. Indépendamment de cet instrument, on a une pendule réglée tous les jours par les hauteurs correspondantes du soleil, & un secteur, comme celui de Graham, avec lequel on observe quelque étoile dont on a déja les hauteurs, tandis qu'avec la lunette du premier instrument, on observe le passage du soleil, & l'heure du passage par les verticaux de quelques signaux, comme ici G ou D, l'instrument étant placé précisément au centre du signal A. Que si, après les observations réitérées plusieurs jours consécutifs, n'importe en quel temps, les plus écartées ne donnoient pas plus d'une minute de différence entr'elles, pour l'angle de 44 degrés 30 minutes, que forme la méridienne avec la ligne A D, & cet angle étant le milieu de toutes les observations, on s'en tiendroit à lui pour fixer le méridien qui passe par A, en faisant avec A D, l'angle de 44 degrés 30 minutes; d'où il s'ensuivroit, en même-temps, le rapport de tous les autres angles & triangles avec ce méridien, comme il se voit dans les Planches.

Ensuite, si par d'autres observations faites au point D, on trouvoit que la méridienne de ce point fît avec la ligne D A, l'angle alterne de 44 degrés 30 minutes, les opérations se trouveroient prouvées l'une par l'autre, quoique la preuve pût s'en

faire de plusieurs autres manieres différentes, & dans les lieux les plus éloignés ; par exemple, si la méridienne de Mont-Réal, ou d'un des Monts-Pélés, étoit la même, ou ne différoit que de peu de chose de celle qui résulteroit de la suite des triangles calculés depuis Quebec, ce seroit une marque de la justesse des méridiens de Quebec, de Mont-Réal, & des Monts-Pélés : après cela, pour les faire quadrer avec la suite des triangles, c'est l'affaire d'un calcul trigonométrique d'un bout à l'autre, dans lequel il est libre à chacun d'entrer ou de ne pas entrer. (1)

Des Longitudes.

Ce n'est point assez de connoître la méridienne de l'endroit où l'on est, d'où l'on part, &c. ; il faut déterminer sa longitude, c'est-à-dire, à quelle distance on est du premier méridien.

Les longitudes sont des lignes circulaires imaginées autour de notre Globe, de maniere que, partant toutes de ses deux Poles, elles aboutissent perpendiculairement à l'Equateur. On les appelle *Méridiens*, parce que le Soleil, en les traversant, en est vu à sa plus grande hauteur, & qu'il marque le Midi sur toute leur longueur. Comme on peut imaginer un nombre infini de ces lignes circulaires, il peut y avoir par conséquent un nombre infini de méridiens.

Mais, parmi ces méridiens infinis, il falloit en fixer un premier, qui servît de regle aux Observateurs pour tous les autres ; sans quoi chacun eût été en droit de faire le premier méridien où il eût voulu ; ce qui n'auroit pas manqué de causer beaucoup de

(1) Voyez à ce sujet le Livre de M. *Cassini* sur la figure & la grandeur de la terre. Voyez aussi celui de M. *de Maupertuis* sur le même sujet.

de confuſion dans les Cartes : ainſi on eſt généralement convenu d'établir pour premier méridien, le Cercle de longitude qui paſſe par l'Iſle de Fer, la derniere des Iſles Canaries vers le Couchant. De là, comme chaque point de la terre eſt ſur un cercle de longitude quelconque qui eſt ſon méridien, il réſulte que chaque point, ainſi que ſon méridien, eſt à une certaine diſtance du premier méridien : & cette diſtance ſe compte par les degrés ordinaires du cercle, en allant à la rencontre du ſoleil : de maniere que tel lieu qui ne ſe trouve vers le Couchant qu'à un dégré du premier méridien, en eſt, ſuivant la maniere ordinaire de compter, à trois cents cinquante-neuf degrés. C'eſt ainſi que le méridien de l'Obſervatoire de Paris eſt à 20 degrés 30 minutes du premier méridien ; celui de Londres à .... celui de Munich à ....

L'Equateur eſt un cercle autour de la terre, dont tous les points ſont à une égale diſtance des Poles. *De l'Equateur.*

Les latitudes, ou paralelles, ſont des lignes imaginées autour du Globe, paralleles à l'Equateur, dont elles s'éloignent à meſure qu'elles approchent des Poles ; ainſi l'on doit regarder l'Equateur comme le premier cercle de latitude, ou le premier parallele, d'où l'on compte tous les autres. *Des Latitudes.*

L'arc du méridien pris depuis l'Equateur juſqu'au Pole, eſt communément diviſé en 90 degrés. On diviſe enſuite, ſi l'on veut, chaque degré en parties de degrés ; & cette diviſion, ſoit générale, ſoit particuliere, va de l'Equateur, où elle commence, juſqu'au Pole où elle finit. Si de quelqu'un de ſes points, on mene une ligne circulaire paralelle à l'Equateur, cette ligne *Diviſion d'un arc du méridien, pour marquer les latitudes.*

marquera non seulement la latitude du point d'où elle aura été menée, mais aussi celle de tous les autres points qui se trouvent compris dans la ligne; & alors on comptera la latitude par degrés & parties de degrés, en disant : tel lieu ou tel cercle est à 10, 20, ou 30 degrés de latitude, à 10 degrés 20 minutes 30 secondes, &c. La suite nous fera voir la différence qu'il y a entre les degrés de latitude & de longitude.

Manieres de connoitre les longitudes.

Connoissant les longitudes de Paris, de Londres, de Vienne, de Berlin, &c. on connoîtra celles de tel autre lieu que l'on voudra, comme de Quebec, dont il est ici question, en observant à Paris & à Quebec; à Paris, à Londres, à Berlin, & à Quebec, quelques phénomenes qui puissent être vus de tous les spectateurs en même-temps.

Par les Satellites de Jupiter.

On s'est servi autre fois de l'émersion des Satellites de Jupiter pour déterminer la longitude de l'Observatoire de Paris. (1)

---

(1) Le Pere *Scherer* rapporte dans la cinquieme Partie de sa *Géographie artificielle*, que l'Académie des Sciences de Paris, voulant déterminer la longitude du méridien de son Observatoire, envoya des Observateurs à l'Isle de Gorée, proche du Cap Verd; qu'on observa en même-temps, dans cette Isle & à Paris, l'émersion des Satellites de Jupiter, sortant de l'ombre de cette planete, & que les observations, de part & d'autre, donnerent entr'elles une différence de 19 degrés 30 minutes, ainsi qu'il avoit déja été observé plusieurs fois. Or l'Isle de Fer se trouvant à un degré de l'Isle de Gorée sur le Couchant, il s'ensuivit que l'Académie fixa le méridien de Paris, à 20 degrés 30 minutes. *Wurtzelbauer*, célebre Astronome, le met à 20 degrés 25 minutes, sur ce qu'il prétend que l'observation s'est faite, non à l'Isle de Gorée, mais au Cap Verd, qui avance de 5 minutes vers le Couchant: il y a, sans doute, eu depuis d'autres Observations qui ont décidé la question.

Mr. de Maupertuis dit, que pour déterminer la longitude de Torneå, ils n'ont pu faire d'observation des Satellites de Jupiter, parce que cette planete, dans le temps où ils l'auroient pu obser-

Ne pourroit-on pas se servir du même phénomene, pour déterminer la longitude de Quebec ? Connoissant par la théorie, le moment, pour chaque lieu, où les Satellites disparoissent, en entrant dans l'ombre de la planete, & celui où ils reparoissent, en sortant de cette ombre, on connoîtroit par la différence des temps où ces apparitions & disparitions seroient apperçues, la différence des lieux par rapport à leurs longitudes : & même en cet exemple-ci, l'un serviroit de preuve à l'autre : car si la différence de Londres à Quebec, se trouvoit à la différence de Londres à Quebec, comme Paris est à Londres, ce seroit ~~une dé-~~ cision de la justesse ~~des opérations à Paris~~, à Quebec & à Londres ; mais, pour observer ces sortes de phénomenes, il faut d'abord de bons instruments & de très-bonnes lunettes d'approche. (1)

Par des éclipses de Lune.

Si, pendant une éclipse de Lune, on observoit en même-temps, des endroits en question, avec de bons instruments, ses phases & ses apparences écliptiques, en marquant avec la plus grande précision possible, le temps des observations, soit par la hauteur de quelque étoile connue, soit par celle de la Lune même, on parviendroit par-là à connoître la longitude des lieux où se feroient les observations : par exemple, si l'on voyoit le commencement de l'éclipse à Paris, à 10 heures précises du soir, & à Quebec à 2 heures 12 minutes du matin ensuite, les pro-

ver, ne s'élevoit pas assez sur l'horison, & étoit toujours plongée dans les vapeurs.

(1) Le célebre Newton a fait faire de si grands progrès à l'Optique, & il a tellement augmenté la force des lunettes d'approche, qu'un fait moins considérable que feroit cet art nous mettroit à portée d'observer commodément, même à la mer, non-seulement les phénomenes des Satellites, mais aussi quantité d'autres phénomenes propres à déterminer les longitudes.

grès & la fin du phénomene à proportion de part & d'autre, la différence de 4 heures 12 minutes pour le temps des obſervations, donneroit 72 degrés pour la différence des longitudes. Or la longitude de Paris étant, ſelon la note précédente, à 20 degrés 30 minutes en allant du premier méridien vers le Levant, la longitude de Quebec ſeroit à ſon Couchant de 51 degrés 30 minutes, & par la maniere ordinaire de compter, à 308 degrés 30 minutes, comme il ſe voit dans les Plans ci-joints, ainſi que dans les meilleures Cartes que nous ayons de ce Pays-là. M. *de Maupertuis* rapporte qu'on s'eſt ſervi d'une éclipſe horiſontale de Lune, pour déterminer la longitude de Torneå.

Par des horloges uniformes.

Mais on n'auroit beſoin, ni de hauteur d'aucune étoile, ni de celle de la Lune, ſi l'on avoit des horloges dont le mouvement ſe conſervât dans une parfaite uniformité. Je ſuppoſe deux de ces horloges parfaitement d'accord avec le Soleil, & montées toutes les deux en même-temps ſur le méridien de Paris, l'une reſtant à Paris, l'autre tranſportée à Quebec : ſi le Midi de Quebec ſe trouvoit avec l'horloge, de 4 heures 12 minutes de différence, (les deux horloges s'étant conſervé dans une parfaite uniformité de mouvement,) il s'enſuivroit une différence de 72 minutes entre les deux méridiens de Paris & de Quebec; ce qui donneroit la longitude du dernier, à 308 degrés 30 minutes. Mais juſqu'ici l'on n'a point d'horloges aſſez parfaites pour de telles obſervations, quoiqu'on ſoit parvenu en Angleterre à en conſtruire de fort au-deſſus des horloges ordinaires. M. *de Maupertuis* dit, qu'un nouveau degré de perfection dans les horloges, acheveroit la ſolution du problême.

Par des éclipſes d'étoiles fixes.

L'immerſion des étoiles du Zodiaque, lorſque la Lune nous les

cache, & leur émerſion, lorſqu'elle les laiſſe reparoître, pourroient auſſi ſervir à déterminer les longitudes; mais il faudroit pour cela connoître aſſez exactement le mouvement de la Lune, pour fixer où & comment ces phénomenes doivent être apperçus. Selon nos plus habiles Géometres anciens, aucune théorie de la Lune n'a été juſqu'ici aſſez exacte pour en pouvoir faire cet uſage; mais quelques-uns de nos modernes ont été plus loin dans cette carriere que les anciens, puiſqu'il s'eſt fait depuis peu maintes obſervations d'éclipſes d'étoiles fixes par la Lune, pour déterminer la longitude de pluſieurs lieux, entr'autres de Torneâ (1).

Connoiſſant, de façon ou d'autre, la longitude de Quebec à 308 degrés 30 minutes pour mettre le point A de ſon obſervatoire, à la place où il doit être, tant au Globe qu'aux Cartes générales & particulieres qui en dérivent, il faut connoitre ſa latitude; ce qui ſe fera de quelqu'une des manieres ſuivantes. Maniere de trouver les latitudes, particuliérement celle de Quebec. PLANCHE I & II.

La latitude de Quebec eſt le point d'un cercle qui coupe ſon

(1) M. *de Maupertuis* dit que nous avons de Newton une théorie de la lune qui répond ſi bien à ſes mouvements, qu'un Obſervateur habile peu en profiter, même à la mer, pour ne pas commettre ſur la longitude, des erreurs qui ſurpaſſent un degré. Il ajoute qu'en combinant cette théorie avec de bonnes obſervations d'ailleurs, on ſe mettroit en état d'approcher encore plus près de la connoiſſance des longitudes, & par conſéquent d'en réſoudre en quelque façon le problême : car ne pourroit-on pas le tenir pour réſolu, ſi l'on avoit les longitudes ſur mer (ce qui eſt le plus difficile) auſſi exactement qu'on y a les latitudes, c'eſt-à-dire, à un quart ou à un ſixieme de degré près? Pour ce qui eſt de la latitude ſur terre, on en eſt ſi près qu'on ne peut guere eſpérer d'en approcher davantage.

méridien paralélement à l'Equateur. On la compte par degrés & parties de dégrés, depuis l'Equateur jusqu'à ce point, sur son propre méridien.

La hauteur du Pole à Quebec est un arc de son méridien pris entre son horison & le Pole.

La hauteur du Pole étant donnée, la latitude l'est aussi, comme la suite le fera voir.

Avec le Gnomon, pendant le solstice d'été.

Pour déterminer la latitude de Quebec par le moyen du Gnomon, il faut qu'il soit droit & perpendiculaire sur un plan parfaitement horisontal, qu'il n'ait pas plus de 3 pieds de hauteur, afin de pouvoir mieux distinguer l'extrémité de son ombre ; qu'il soit divisé en autant de parties qu'il sera possible, de même que la ligne méridienne qui lui correspond sur le plan ; car plus le nombre de ces parties sera grand, plus grande sera la justesse de l'opération, surtout si l'on observe, comme on le doit, qu'elles soient toutes dans un parfait rapport entr'elles. Supposons cette division, de 100000 parties pour trois pieds, (1) l'ombre droite du style se trouvant à 43000 parties sur le Plan, (2) on trouvera l'angle que forme la perpendiculaire avec le rayon du Soleil, en cherchant dans les colonnes des tangentes 43000, qui correspond avec

(1) Une ligne de trois pieds ne peut guere être divisée sensiblement en 100000 parties. Pour l'observer bien, il suffiroit qu'elle le fût en 1000 ; ce qui est déja beaucoup ; mais encore cela se pourroit-il, à l'aide de quelque verre qui grossit les objets. Ensuite pour le calcul, on se sert du nombre 100000 ; ce qui ne demande que d'ajouter deux o à 1000.

(2) C'est-à-dire à 430, quant à la division, mais à 43000 pour le calcul.

23 degrés 16 minutes; ce qui est le complément de 66 degrés 44 minutes pour la plus grande hauteur du Soleil pendant le solstice d'été.

Si de la hauteur, ...	66 deg. 44 m. 0 sec.
on ôte pour le demi-diametre apparent du Soleil, ...	— — 15 — 15
il restera pour la hauteur apparente du centre;	66 — 28 — 45
Qu'on ajoute à cette hauteur, pour la parallaxe, ...	— — — — 5
ce sera pour la véritable hauteur centrale	66 — 28 — 50
Enfin, si de cette hauteur vraie du centre du Soleil, on ôte pour sa plus grande déclinaison septentrionale, ...	23 — 30 — 20
il restera pour la hauteur de l'Equateur (1)	42 — 58 — 30
& pour celle du Pole, ...	47 — 1 — 30

L'ombre se trouvant, lors de l'Equinoxe, à 106200, sur le plan, on cherchera dans les colonnes des tangentes, 106200, que l'on trouvera correspondre avec 46 degrés 44 minutes, dont le complément 43 degrés 16 minutes, marque la plus grande hauteur du Soleil pendant l'Equinoxe.

Avec le Gnomon perpendant l'Equinoxe.

Si de la hauteur, ...	43 deg. 16 m. 0 sec.
on ôte pour le demi-diametre apparent du Soleil, ...	— 15 — 15

(1) Si l'observation se faisoit pendant le solstice d'hyver, au-lieu de soustraire ces 23 degrés 30 minutes 20 secondes, il faudroit au contraire les y ajouter.

il restera pour la hauteur apparente du centre, ...	43 deg.	0 m.	45 sec.
Qu'on en ôte, pour la Réfraction, . . .	—	—	8
il restera, ...	43	0	37
A quoi si l'on ajoute pour la parallaxe, . .	—	—	21
ce sera pour la hauteur vrai du centre, . .	43	0	49
dont si l'on ôte pour la déclinaison, . . .	—	—	47
il restera pour la hauteur de l'Equateur, .	43	0	2
& pour celle du Pole, ...	46	59	58

Que le 20 du mois d'Août, par exemple, l'ombre du Gnomon soit à 68800 parties correspondantes à 34 degrés 32 minutes, le complément 55 degrés 28 minutes, marquera ce jour-là, la hauteur méridienne du Soleil à son limbe le plus élevé.

Que de cette hauteur, ...	55 deg.	28 m.	0 sec.
on ôte pour le demi-diametre apparent du Soleil, ...	—	15	27
il restera pour la hauteur du centre, . . .	55	12	33
A quoi si l'on ajoute, pour la parallaxe,	—	—	8
il y aura pour la hauteur vraie du centre	55	12	41
dont si l'on ôte, pour la déclinaison, . . .	22	13	8
il restera pour la hauteur de l'Equateur, .	42	59	33
& pour la hauteur du pole, ...	47	0	27

Les différentes hauteurs de Soleil que je viens de supposer connues

connues par l'ombre du Gnomon, pourroient se trouver beaucoup mieux, en quelque temps que ce soit, par le moyen de bons Instruments faits exprès pour cela ; par exemple, avec l'Instrument dont j'ai parlé à la page 251, on pourra observer à Quebec, le passage du Soleil par le centre de la lunette, & le moment de ce passage ; ce qui donneroit sa hauteur méridienne : mais pour cela il faudroit avoir une extrême attention à ce que la lunette se mût dans le plan du méridien ; ce dont il seroit aisé de s'assurer, par le moyen de quelqu'objet placé dans la méridienne à une certaine distance, & ce qui serviroit aussi à l'y rétablir, s'il venoit à lui arriver quelque dérangement. (1)

Qu'il vaut mieux chercher les hauteurs du Soleil avec de bons instrumen

Au reste, que les hauteurs solaires insérées dans les exemples précédents, soient le résultat d'observations faites avec des instruments quelconques, par l'ombre du Gnomon, ou de telle autre maniere que ce puisse être, elles donneront toujours à peu de chose près, 47 degrés pour la hauteur du pole à Quebec, dont la latitude sera aussi par conséquent à 47 degrés comme elle se trouve dans les meilleures Cartes que nous ayons ; mais, dans des cas pareils, je préférerois toujours de faire les observations au solstice d'été ; puisque le Soleil étant alors à sa plus grande hauteur, il y auroit beaucoup moins de réfraction. Les observations, hors du temps des solstices & des équinoxes, seroient de toute maniere les moins faciles & les plus douteuses ;

(1) C'est avec des quarts de cercle de 2 & 3 pieds de rayon, auxquels étoit sans doute adaptée la lunette de 15 pouces, que les Observateurs du degré du méridien au Nord ont pris les hauteurs méridiennes du bord supérieur du Soleil, à l'extrêmité de leur ligne méridienne déja établie, & qu'ils les ont vérifié par le renversement de leurs instruments. Voyez M. *de Maupertuis* dans son Livre de la figure de la terre.

puiſque, pour le lieu du Soleil, au jour donné, il faudroit avoir recours aux Ephémérides qui ſont encore un ſujet de conteſtation parmi les Aſtronomes, quoiqu'on y ait beaucoup travaillé, & qu'on y travaille encore tous les jours avec ſuccès. Outre cela, la différence des méridiens & la réduction d'un lieu à l'autre, ſeroient encore des ſources de difficultés qui rendroient les opérations moins ſûres.

Il eſt à obſerver que les ſolſtices & les équinoxes n'arrivent pas toujours à midi précis, mais ſouvent quelques heures avant ou après ; d'où vient que, par rapport à l'équinoxe d'Automne, pour autant d'heures avant midi, il faut ajouter autant de minutes à la hauteur trouvée du Soleil ; pour autant d'heures après midi, il faut en ſouſtraire autant de minutes ; & tout au contraire, par rapport à l'équinoxe du printemps.

Par l'Etoile polaire.

Qu'avec les meilleurs inſtruments propres à ces choſes-là, on obſerve au zénith de l'Obſervatoire de Quebec, la plus grande hauteur de l'étoile polaire pour cette année-ci 1762, & que cette hauteur ſe trouve à 48 degrés 42 minutes, on verra dans la Table notée ci-deſſous, (1) de combien l'étoile eſt diſtante du

(1) *Table de la ſituation & du mouvement de l'Etoile Polaire, ſelon le Pere Riccioli.*

Années.	*Latitude Boréale. Sig.*	*Longitude.*	*Déclinaiſon.*	*Diſtance du Pole.*	*Accès annuel au Pole.*
1572	66 d. 2 m. 11.	22 d. 39 m. 10 ſ.	86 d. 59 m. 45 ſ.	3 d. 0 m. 15 ſ.	0 d. 0 m. 19 ſ. 26
1600	66 . 2 . .	23 . 2 . 30.	87 . 0 . 49.	2 . 50 . 11.	0 . 0 . 19. 48
1700	66 . 2 . .	24 . 25 . 50.	87 . 42 . 49.	2 . 17 . 11.	0 . 0 . 19. 48
1800	66 . 2 . .	25 . 49 . 10.	88 . 15 . 17.	1 . 44 . 43.	0 . 0 . 19. 3
1900	66 . 2 . .	27 . 12 . 30.	88 . 47 . 0.	1 . 13 . 0.	0 . 0 . 17. 45
2000	66 . 2 . .	28 . 35 . 50.	89 . 16 . 0.	. . 43 . 56.	0 . 0 . 17. 39

pole cette année, c'est-à-dire, à peu près de deux degrés : que dans cette même Table, on prenne l'accès annuel de l'étoile au pole, à peu près de 20 secondes; qu'on multiplie ces 20 secondes, par 62 de l'année prescrite, on aura 20 minutes & 40 secondes à soustraire de deux degrés.

Ainsi de, ...	2 deg. 0 m. 0 sec.
ôtez, ...	— 20 — 40
il restera, ...	1 — 39 — 20
Du nombre ci-devant, ...	48 — 42 — 0
ôtez, pour la réfraction, ...	— — 1 — 20
il restera, ...	48 — 40 — 40
Desquels, si vous ôtez enfin, ...	1 — 39 — 20
il restera pour la hauteur du pole à Quebec,	47 — 1 — 20

Par une des étoiles circompolaires.

Qu'on choisisse dans le quarré de la grande ourse, l'étoile *Dubbé*, qui est la plus apparente & la plus haute de celles qui se meuvent autour du pole, & par conséquent la moins sujette aux réfractions; qu'on observe avec un bon secteur,

sa plus grande hauteur méridienne, . . .	72 deg. 1 m. 0 sec.
& sa plus petite, à	22 — 5 — 0
Que de la plus grande hauteur apparente,	72 — 1 — 0
on ôte pour la réfraction, ...	— — — 31
il restera pour la plus grande hauteur vraie,	72 — 0 — 29
Que de la plus petite hauteur apparente,	22 — 5 — 0
on ôte pour la réfraction, ...	— — 3 — 56

il reſtera pour la plus petite hauteur vraie,	22 — 1 — 4
De la plus grande hauteur rectifiée, ...	72 — 0 — 29
ôtez la plus petite auſſi rectifiée, ...	22 — 1 — 4
il reſtera, ...	49 — 59 — 25
dont la moitié eſt, ...	24 — 59 — 42
Enfin de la plus grande hauteur rectifiée,	72 — 0 — 29
ôtez la moitié ci-deſſus, ...	24 — 59 — 42
il reſtera pour la hauteur du pole, ...	47 — 0 — 46

Pour déterminer la hauteur du pole à Paris & à Torneå, on s'eſt ſervi d'*Arcturus*, de l'*Etoile Polaire*, & de *Vénus inoccidue*. Enfin, il en eſt mille autres dont on peut ſe ſervir également: quoique tout ceci regarde plutôt l'Aſtronome que le Géographe, cependant puiſque je ſuis entré dans cette matiere, j'eſpere qu'on ne me blâmera point d'avoir rapporté quelques opérations des plus ordinaires, pour ſervir d'exemples; c'eſt à ceux qui voudront aller plus loin dans cette carriere, à conſulter les Auteurs qui en font leur principal objet.

Maniere de marquer les latitudes & les longitudes dans les Cartes.

La latitude de Quebec fixée par les opérations précédentes, ou autres, à 47 degrés, & ſa longitude à 308 degrés 30 minutes, il s'agit de les marquer l'une & l'autre, dans les Cartes dont il eſt ici queſtion, à peu près de la maniere ſuivante.

PLANCHE I & II.

Après avoir tracé le méridien, comme il ſe voit, du 308e. degré 30 minutes, au 308e. degré 30 minutes, en paſſant par le point de Quebec A où il a été obſervé, on le coupera à ce même point A, par une ligne parallele à l'Equateur, qui, aboutiſſant aux bords de la Carte, déſignera d'un bout à l'autre la latitude

de 47 degrés; mais pour faire ce parallele, comme il convient, il faut le tracer en arc de cercle qui ait le pole pour centre, afin d'avoir au moins les points qui marquent le 47e. degré aux bords de la Carte, suivant la courbure de la ligne sur laquelle ils se trouvent par rapport à la convexité du Globe. Pour cet effet, l'on prolonge la méridienne depuis le 47e. jusqu'au 90e. degré; l'on prend avec un compas ou autrement, la distance de 43 degrés dont la méridienne est prolongée, & l'on trace du point de 90 qui est celui du pole, comme centre, l'arc que fait la courbe en question. On peut faire la même chose non-seulement à chaque degré, comme il se voit en la Planche I, mais à chaque partie de degrés. Quoiqu'il y ait de la différence entre une courbe tracée sur un globe & une courbe tracée sur une surface plane, ceci est cependant le moyen d'approcher du vrai le plus qu'il est possible.

On marquera les degrés de latitude, le long du méridien déja tracé, à raison de 15 milles d'Allemagne pour chacun; ce qui les rendra tous égaux entr'eux, & à peu près de même grandeur que ceux de l'Equateur; je dis à peu près, parce que je ne regarde pas la terre comme parfaitement sphérique; mais que je la considere comme applatie vers les poles, selon les observations les plus authentiques que nous en ayons: ainsi, selon ces mêmes observations, les cercles méridiens ne sont pas si grands que le parallele de l'Equateur, le diametre de celui-ci étant aux autres, selon Huygens, comme 578 à 577, & selon Newton, comme 230 à 229. Mais comme cela est en quelque façon étranger à notre sujet, nous n'y aurons point d'égard.

En allant de degré en dégré, du point A jusqu'au bord su-

périeur de la Carte qui désigne le Nord, on viendra jusqu'au 50e. degré, & au bord inférieur qui marque le Midi jusqu'au 23e.; ce qui sera la Carte de 7 degrés de hauteur. Si, de chaque terme, on mene des lignes paralleles à l'Equateur, ces lignes marqueront les degrés 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50. Qu'on subdivise ensuite chaque degré, on verra à quel degré & à quelle partie de degré sont, en latitude, les lieux qui se trouvent sous les paralleles; même il n'est pas nécessaire pour cela que les lignes soient tirées sur la Carte, comme elles le sont en la Planche I; mais il suffit qu'elles soient marquées & numérotées aux bords, comme il se voit dans beaucoup de Cartes générales & particulieres.

Pour marquer les degrés de longitude sur les paralleles, on doit avoir égard à ce que les distances entre les méridiens, (la 1 de ces distances étant à l'Equateur de 15 milles d'Allemagne) vont toujours en diminuant vers le Pole jusqu'à 0; c'est pourquoi la Table ci-après a été calculée, pour trouver d'abord leur différence. Voici la formule suivant laquelle le calcul s'en est fait.

Comme le sinus total 100000 est au sinus du complément de 45 degrés, ainsi 60 minutes, valeur d'un degré, est à 42 minutes, 24 secondes, pour la distance d'un méridien à l'autre au 45e. degré de latitude; ceci supposant la distance entre les méridiens, à l'Equateur, d'un degré.

Distances exprimées en milles d'Allemagne & en lieues de France.

Mais pour exprimer les distances en milles d'Allemagne, ou en lieues de France, comme elles le sont dans les Tables ci-jointes, au-lieu de 60 minutes, pour troisieme terme de l'ana-

logie, on prendra 15 milles d'Allemagne, ou 25 lieues de France. Qu'on se serve des compléments de parties de degrés, les opérations se feront de même qu'en se servant de degrés entiers. C'est de-là que j'ai calculé les colonnes pour les lieues de France, & que j'ai fait quelques corrections à celles des milles d'Allemagne. Quelqu'un me dira peut-être que ceci regardant des possessions Angloises, j'aurois dû me servir des lieues marines d'Angleterre & de France; mais je répondrai là-dessus, que tout cet Ouvrage n'étant qu'une supposition d'un bout à l'autre, & étant moi-même en Allemagne, il est naturel que je donne la préférence aux mesures d'Allemagne.

Cherchant donc dans la Table le 43e. degré de latitude, je trouve qu'il correspond avec 43 minutes 52 secondes, = 10 milles $\frac{58}{60}$ pour le degré de longitude à cette hauteur. Si les milles sont exprimés en verges & parties de verges sur une échelle exacte, je prends sur cette échelle avec un compas, la moitié de la distance, & je la porte à droite & à gauche de l'extrêmité du méridien, sur la ligne qui borde la partie inférieure de la Carte, pour avoir les points du 308 & du 309 degrés. Continuant ensuite à marquer cette demi-distance tout le long de la ligne, autant de fois qu'elle peut y aller, toujours avec la même ouverture de compas, j'ai par ce moyen les degrés & demi-degrés fixés au bas de la Carte. Que si après cela, on veut les subdiviser, il est évident que la chose ne souffrira point de difficultés.

Pour les marquer tout de suite au haut de la Carte, on cherchera dans la Table le 50e. degré de latitude. Trouvant qu'il correspond avec 38 minutes 14 secondes = 9 milles $\frac{33}{60}$, on pren-

dra ſur l'échelle la moitié de cette diſtance, & on la portera à droite & à gauche de l'extrêmité du méridien, ſur la ligne qui borde la Carte par en-haut, autant de fois qu'elle pourra y aller ; ce qui donnera les degrés & demi-degrés de longitude au bord ſupérieur : faiſant la même choſe au 44, au 45, au 46e. degré, on aura pour tracer chaque méridienne, enſuite de la premiere, (car la méridienne de Quebec eſt ici cenſée la premiere,) une ſuite de points qui ſerviront à lui donner à peu près la courbure qu'elle doit avoir ; en un mot, telle qu'on la voit dans les meilleures Cartes générales que nous ayons.

TABLE

TABLE

Des distances des Méridiens entre eux depuis l'Équateur jusqu'au Pole.

	Distances en min. & secondes.		*Distances en milles d'Allem.*		*Distances en lieues de France.*	
o deg.	60 minutes.	o second.	15 milles.	o 60	25 lieues	o 60
.	.	.	.	.	.	.
1	59	59	14	59	24	59
2	59	57	14	58 ½	24	58 ½
3	59	55	14	58	24	58
.	.	.	.	.	.	.
4	51	51	24	57	24	56
5	59	46	14	56	24	54
6	59	40	14	55	24	51
.	.	.	.	.	.	.
7	59	53	14	63	24	48
8	59	25	14	51	24	45
9	59	15	14	48	24	41
.	.	.	.	.	.	.
10	59	5	14	46	24	37
11	58	54	14	43	24	32
12	58	41	14	40	24	27
.	.	.	.	.	.	.
13	58	28	14	36	24	21
14	58	13	14	33	24	15
15	57	57	14	29	24	9
.	.	.	.	.	.	.
16	57	40	14	25	24	2
17	57	23	14	11	24	54
18	57	4	14	16	24	47
.	.	.	.	.	.	.
19	56	44	14	11	23	58

	Distances en minutes & second.		*Distances en milles d'Allem.*		*Distances en lieues de France.*	
20 deg.	56 minutes	23 second.	14 milles.	6 60	23 lieues	30 60
21 .	56 .	1 .	14 .	0 .	23 .	20 .
. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .
22 .	55 .	58 .	13 .	54 .	23 .	11 .
23 .	55 .	14 .	13 .	48 .	23 .	1 .
24 .	54 .	49 .	13 .	42 .	22 .	50 .
. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .
25 .	54 .	23 .	13 .	36 .	22 .	39 .
26 .	53 .	56 .	13 .	29 .	22 .	28 .
27 .	53 .	28 .	13 .	22 .	22 .	16 .
. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .
28 .	52 .	58 .	13 .	15 .	22 .	4 .
29 .	52 .	28 .	13 .	7 .	21 .	52 .
30 .	51 .	58 .	12 .	59 .	21 .	39 .
. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .
31 .	51 .	26 .	12 .	41 .	21 .	26 .
32 .	50 .	53 .	12 .	43 .	21 .	12 .
33 .	50 .	19 .	12 .	35 .	20 .	58 .
. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .
34 .	49 .	44 .	12 .	26 .	20 .	44 .
35 .	49 .	8 .	12 .	17 .	20 .	29 .
36 .	48 .	32 .	12 .	8 .	20 .	13 .
. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .
37 .	47 .	55 .	11 .	59 .	19 .	58 .
38 .	47 .	16 .	11 .	49 .	19 .	42 .
39 .	46 .	38 .	11 .	39 .	19 .	26 .
. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .
40 .	45 .	57 .	11 .	29 .	19 .	9 .
41 .	45 .	17 .	11 .	19 .	18 .	32 .
42	44 .	35 .	11 .	9 .	18 .	35 .
. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .
43 .	43 .	52 .	10 .	57 .	18 .	17 .

	Distances en minutes & second.		*Distances en milles d'Allem.*		*Distances en lieues de France.*	
44 deg.	43 minutes	10 sec.	10 milles.	47 60	17 lieues.	59 60
45	42	24	10	36	17	41
.	.	.	.	.	.	.
46	41	40	10	25	17	22
47	40	45	10	14	17	3
48	40	8	10	2	16	44
.	.	.	.	.	.	.
49	39	21	9	50	16	24
50	38	14	9	38	16	4
51	37	45	9	26	15	44
.	.	.	.	.	.	.
52	36	56	9	14	15	23
53	36	6	9	2	15	2
54	35	16	8	49	14	42
.	.	.	.	.	.	.
55	34	25	8	36	14	20
56	33	33	8	23	10	59
57	32	40	8	10	13	37
.	.	.	.	.	.	.
58	31	47	7	57	13	15
59	30	54	7	44	12	52
60	30	0	7	30	12	30
.	.	.	.	.	.	.
61	29	5	7	16	12	7
62	28	10	7	2	11	44
63	27	14	6	48	11	21
.	.	.	.	.	.	.
64	26	16	6	34	10	57
65	25	2	6	20	10	34
66	24	24	6	6	10	10
.	.	.	.	.	.	.
67	23	29	5	52	9	46

	Distances en minutes & second.		*Distances en milles d'Allem.*		*Distances en lieues de France.*	
68 deg.	22 miuutes	30 sec.	5 milles	28 60	9 lieues	22 60
69 .	21 .	32 .	5 .	23 .	8 .	57 .
. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .
70 .	20 .	32 .	5 .	8 .	8 .	43 .
71 .	19 .	32 .	4 .	53 .	8 .	14 .
72 .	18 .	32 .	4 .	38 .	7 .	43 .
. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .
73 .	17 .	32 .	4 .	23 .	7 .	18 .
74 .	16 .	32 .	4 .	8 .	6 .	53 .
75 .	15 .	32 .	3 .	53 .	6 .	28 .
. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .
76 .	14 .	31 .	3 .	38 .	6 .	3 .
77 .	13 .	30 .	3 .	23 .	5 .	37 .
78 .	12 .	30 .	3 .	8 .	5 .	12 .
. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .
79 .	11 .	28 .	2 .	52 .	4 .	46 .
80 .	10 .	24 .	2 .	36 .	3 .	20 .
81 .	9 .	22 .	2 .	20 .	3 .	55 .
. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .
82 .	8 .	21 .	2 .	5 .	3 .	29 .
83 .	7 .	19 .	1 .	50 .	3 .	3 .
84 .	6 .	17 .	1 .	34 .	2 .	37 .
. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .
85 .	5 .	15 .	1 .	18 .	2 .	11 .
86 .	4 .	12 .	1 .	3 .	1 .	45 .
87 .	3 .	9 .	0 .	47 .	1 .	18 .
. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .
88 .	2 .	6 .	0 .	31 .	0 .	52 .
89 .	1 .	4 .	0 .	16 .	0 .	26 .
90 .	0 .	0 .	0 .	0 .	0 .	0 .
. .	. .	. .	. .	. .	. .	. .

Sans entrer davantage en discussion au sujet des lignes qui marquent les longitudes & les latitudes, si elles doivent être droites ou courbes, comme mon dessein n'est point de faire un cours de Géographie, il suffit d'être prévenu qu'il est impossible de rapporter exactement les lignes d'une surface convexe, telle qu'est celle de la terre, sur la surface plane d'une Carte; mais que tout ce qu'on peut faire est de les rapprocher le plus qu'il est possible, en s'aidant prudemment des unes & des autres. Car, en ceci, il faut considérer, que toutes les lignes, soit méridiennes, soit paralleles, sont des cercles; que ces cercles se coupent les uns les autres à angles droits; que les quarrés qu'ils forment vont de l'Equateur au pole en proportion de la convexité du Globe; d'où il résulte, que si l'on fait les méridiens en lignes courbes perpendiculaires sur les paralleles aussi en lignes courbes, les unes & les autres ne se rencontrent jamais justes, & si les lignes de part & d'autre sont droites & les autres courbes, elles ne quadreront jamais avec les propriétés de la sphere.

Quelques considérations par rapport aux lignes dans une Carte.

Or une Carte, quelque particuliere qu'elle soit, est censée représenter, & représente en effet une partie du Globe; pour que la partie convienne & soit en proportion avec son tout, elle doit, à la rigueur, être décrite & mesurée comme lui par des lignes courbes; mais comment courber une surface plane? Voilà l'état de la question.

On fait d'ordinaire, dans une Carte, un méridien duquel dérivent tous les autres, & c'est le seul qui y puisse être en ligne droite: après cela si l'on tire avec la regle des lignes d'un point à un autre des bords de la Carte, ces lignes ne marque-

ront véritablement, ni les méridiens, ni les paralleles; mais c'eſt à notre imagination à leur prêter à peu près la courbure qu'elles doivent avoir, à moins que la Carte ne ſoit ſi petite qu'il ſoit inutile d'y avoir égard.

Si l'on fait tant que de tracer les méridiennes en lignes courbes, par des points rapportés ſur les paralleles, comme je l'ai dit plus haut, ces points peuvent être ſi près les uns des autres qu'ils ſe touchent & forment eux-mêmes la ligne, qui, par conſéquent, ſera la plus juſte qu'il ſe puiſſe faire; mais en ce cas, les paralleles ſe toucheront auſſi.

Il n'eſt pas néceſſaire d'avoir égard à la courbure des lignes dans des Cartes qui n'excedent pas 5 degrés.

Planche I.

Il eſt bien vrai que dans une Carte qui n'eſt que de 4 ou 5 degrés, il n'eſt pas abſolument néceſſaire d'avoir égard à ces choſes-là : mais ici où elle eſt de plus de 17 degrés du Couchant au Levant, & d'environ 7 degrés du Midi au Nord, il faut que tout y ſoit marqué le plus exactement qu'il eſt poſſible, ſur-tout ſi l'on va juſqu'à y tracer les lignes, comme j'ai fait dans la premiere Carte, où les paralleles ſont en arcs de cercle, ayant le pole pour centre, & les méridiennes ſelon la Table ci-devant.

Raiſons des différentes ſuites de triangles dans les plans.

Planche I & II.

Pour exprimer plus clairement les différentes ſuites de triangles dans les plans, j'en ai fait pluſieurs, ſur les échelles de grandeurs différentes à proportion de leurs objets. Le premier plan marque la ſuite des premiers triangles, & ſert de cannevas pour le 2 & le 3. Ainſi l'on peut voir, par la ſeconde ſuite marquée dans le ſecond & troiſieme plan, s'il y a eû quelques fautes dans la premiere, les Obſervateurs devant ſe communiquer de temps en temps là-deſſus leurs obſervations.

Je me suis borné à deux sortes de triangles, quoiqu'il puisse & qu'il doive même y en avoir bien davantage, qui concourreroient tous à rendre l'ouvrage plus parfait. (1)

Je me suis aussi borné dans la Planche II à une partie du fleuve St. Laurent, depuis Mont-Réal jusqu'à Tadoussac, où j'ai marqué sur le terrein à droite & à gauche de ce fleuve, & en travers du fleuve même, quelques triangles de la premiere suite, mêlés avec ceux de la seconde; les premiers exprimés par des lignes fortes & nettes, les seconds seulement par des lignes ponctuées, comme il se voit aux plans.

Maniere de faire la seconde suite des triangles.

Quant aux opérations de la seconde suite des triangles, par lesquels on entre déja dans quelques détails de la situation du terrein, si on ne les a pas entrepris en même-temps que celles de la premiere suite, on les reprendra de Quebec en remontant & en descendant le fleuve : pour cet effet, je suppose que l'on a commencé à marquer sur la méridienne de Quebec qui traverse le fleuve, le point I comme le plus propre à recevoir un signal qui puisse être vu de plusieurs endroits différents.

Que du point f, sur le bord du fleuve, des points g & k sur les bords de la riviere, dite de la chaudiere, on puisse voir le signal I, que ce signal soit également vu du point G, enfin que de G on voye f; que de f on voye g, de p, k, de k, I, c'est tout ce qu'il faut pour déterminer les triangles I G f, I f g, I g k, de la seconde suite, & conséquemment tous les autres.

(1) Les Observateurs du degré du méridien ont eu la patience d'en calculer jusqu'à 12 suites.

Par ce que nous avons vu précédemment au ſujet des triangles de la premiere ſuite, le triangle AGI ſe trouvera déterminé, non-ſeulement par rapport à ſes angles, mais auſſi par rapport à ſes côtés : car le côté AG étant déja connu pour être de 20579 degrés 8 pieds, l'angle AGI ayant été déterminé à 64 degrés 30 minutes, par la raiſon que I ſe trouve ſur l'alignement de GD; l'angle GAI étant de même déterminé à 28 degrés 30 minutes, il réſultera de tout cela AIG de 87 degrés 0 minutes, & les moyens de faire connoître les deux autres côtés AI, IG, par les analogies ordinaires : il ne ſera pas même néceſſaire d'une nouvelle baſe pour déterminer cette ſeconde ſuite. Mais s'il ſe rencontre, chemin faiſant, quelques côtés de triangles aiſés à meſurer, cela ne peut manquer d'être d'un très-grand avantage, & l'on verra par-là clairement, s'il ne s'eſt point gliſſé d'erreur conſidérable dans l'une ou l'autre ſuite; car il y a beaucoup plus à ſe fier à des lignes bien meſurées qu'aux angles les plus exactement levés.

Les lignes IG, Gf, fg, gk, kl, déterminées tant par rapport aux angles qu'elles forment entr'elles que par rapport à leurs grandeurs, deviennent dès-lors autant de baſes propres à déterminer les triangles fAG, gdk, & tous les autres enſuite, en quelque nombre qu'ils puiſſent être.

On entre dans les détails à meſure qu'on avance dans les ſuites des triangles.

Par le moyen des triangles liés l'un à l'autre, à-peu-près comme il ſe voit dans les plans, on décrit, à meſure que l'on avance, les ſituations qui ſe préſentent à la vue, tantôt en meſurant les diſtances, tantôt en ſe ſervant des ouvertures d'angles & des prolongements des lignes. C'eſt par-là que l'on parviendra à connoître, non-ſeulement la largeur du fleuve de St. Laurent,

rent, mais aussi à marquer la figure de ses bords de l'un & de l'autre côté, la position respective de ses Isles, les élévations de terrein, les montagnes, les marais, les prairies, les forêts, les lacs, le cours des ruisseaux & des rivieres qui se trouvent aux environs, toutes les habitations, les villes, les bourgs & villages, comme *Belle-Chasse*, Beaumont, &c. de ce côté-ci du fleuve; Silleri, Basticasse, Champlain, &c. de l'autre côté. Enfin, tout se trouvera par ce moyen dans sa véritable position, les Caps & les embouchures des rivieres seront fixés où ils doivent être; s'il y avoit des bois immenses qu'il fût impossible de percer, des lacs à perte de vue, des chaînes de montagnes inaccessibles, on n'exige pas, dans une Carte générale, que tout y soit rapporté à une verge près; mais il suffit que, proportion gardée, leur étendue & leur figure y soient marquées de maniere que l'œil & l'imagination en soient satisfaits. On a coutume de représenter les montagnes dans les Cartes, partie en plan, partie en élévation, pour pouvoir les mieux distinguer, & afin que cela ne fasse point de confusion : pour la grandeur des bois, des forêts, des lacs, des étangs & des marais, on marque sur leurs bords, autant de points que l'on juge à propos, & l'on se sert ensuite de ces points pour déterminer leurs figures & leur étendue.

La seconde suite de triangles doit, ainsi que la premiere, se faire avec les meilleurs instruments possible & avec l'exactitude la plus scrupuleuse : que si, après cela, on veut entrer dans les détails du terrein, on se sert de la Planchette & de la Boussole.

Si les deux suites de triangles dont il est ici question, se ren-

contrent avec les points de la Carte des anciennes possessions Angloises que nous avons mis au commencement pour fondement & base de cet Ouvrage, c'est une marque que l'on a réussi dans ce que l'on a entrepris, quoiqu'on ne doive pas présumer de pouvoir atteindre à une extrême précision dans ces choses-là; la Carte qui en approche le plus est sans doute la meilleure, mais il n'y en eut jamais de parfaite.

Je me suis contenté de marquer à peu près les stations des Observateurs, & quelques triangles que ces stations forment entr'elles, laissant à ceux qui voudront s'exercer à résoudre eux-mêmes les problêmes & à entrer dans les détails des différentes situations qui peuvent se rencontrer. Je le répete encore; tout ceci n'est qu'une supposition d'un bout à l'autre, chacun la peut faire & l'entendre comme il lui plaira.

Je reviens encore une fois à la méridienne.

Planche II.

Je reviens encore une fois à la méridienne de Quebec tirée d'une extrêmité de la Carte à l'autre. Veut-on savoir au juste sa grandeur, ainsi que celle de toute autre ligne droite que l'on voudroit mener au travers des triangles? On en fera les calculs à la maniere ordinaire; par exemple, pour déterminer la longueur de la méridienne depuis A jusqu'en L, on cherchera sa distance de A en I, comme nous l'avons vu précédemment. Pour avoir ensuite celle de I en L, le côté I D étant connu, ainsi que l'angle L I D, puisque c'est l'angle au sommet de G I A, il ne s'agit que de chercher un des deux angles I D L, ou I L D, (ce que nous supposons déja fait à l'occasion de la suite des triangles) pour avoir le troisieme; & par conséquent le côté I L, qui joint à I A, donnera la longueur demandée de la ligne A L. Faisant la même chose de l'autre côté, on aura exactement la

longueur de la méridienne, & de même, celle de toute autre ligne que l'on voudroit faire passer au travers d'une suite quelconque de triangles. Il en résulte aussi que l'on aura par ce moyen dans la suite des triangles, les points par où cette ligne doit passer pour être droite. Quoique tout cela s'arrange dans une Carte, avec le transporteur, la regle & le compas, cependant, si l'on veut savoir au juste les distances, ce n'est que par le calcul qu'on y peut parvenir.

J'ai commencé par la levée de grands triangles, peut-être même un peu trop grands, eu égard au terrein effectif, mais dont pourtant la supposition ne doit pas choquer, si on la regarde en tant que supposition, & par la raison qu'il est bien plus sûr de descendre du grand au petit, que de remonter du petit au grand.

Je ne vois point non plus d'inconvénient à ce que la suite des seconds, même des troisiemes & quatriemes triangles, se fasse en même-temps que celle des premiers; & si je les ai séparé, ce n'a été que pour donner plus de clarté à l'Ouvrage : il ne s'agit dans ces choses-là que d'avoir du monde, & de savoir l'employer. Le terrein proposé pour exemple est d'une étendue très-considérable : enfin, il y a une infinité de chemins qui menent au but que l'on se propose, il ne faut que savoir choisir les meilleurs, & sur-tout observer le plus grand ordre possible dans la suite des opérations.

Au reste, j'avoue franchement que je n'ai eu d'abord pour objet dans cet Ouvrage, que mon instruction particuliere; mais ayant jugé que cela pourroit servir en même-temps à ceux Objet de cet Ouvrage.

qui, n'ayant pas le loifir ni les moyens d'étudier ces fortes de matieres à fond, veulent cependant favoir, lorfqu'ils ont une Carte à la main, quelles font fes propriétés, & tout ce qu'il a fallu pour la mettre en l'état où elle eft, j'efpere qu'on me faura gré de l'avoir rendu public.

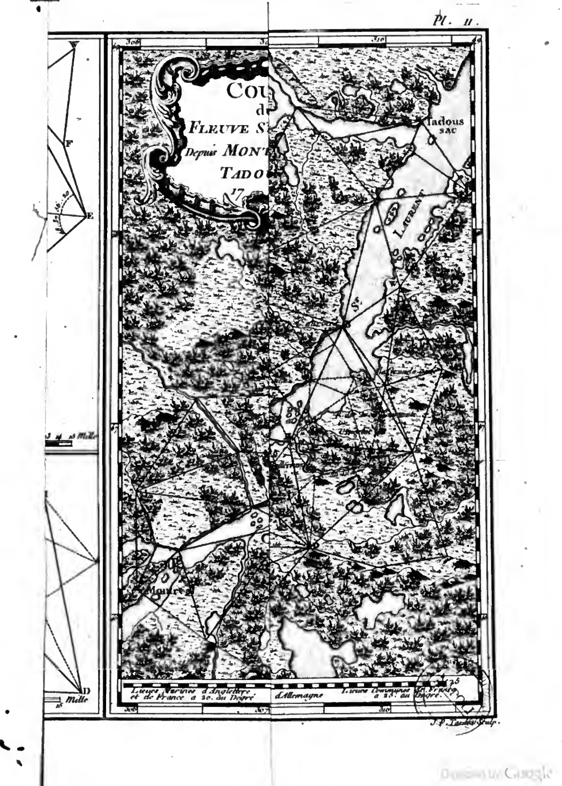
FIN.

TABLE DES SOMMAIRES.

Fin de la Table.

PARTIE ORIENTALE DE L'AMERIQUE SEPTENTRIONALE. 1762.

Pl. II.


Cou
d
Fleuve S
Depuis Mont
Tado
17
Tadous
sac
Laurent
Lieues Marines d'Angleterre
et de France a 20. au Degré
d'Allemagne
Lieues Communes de France
a 20. au Degré
J.P. Tardieu Sculp.

